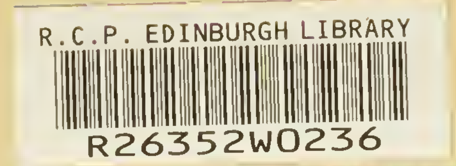



R.C.P. EDINBURGH LIBRARY
R26352W0236

TRAITÉ

DE

CHIMIE ANATOMIQUE

ET PHYSIOLOGIQUE.

II

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

TRAITÉ

DE

CHIMIE ANATOMIQUE

ET PHYSIOLOGIQUE

NORMALE ET PATHOLOGIQUE

OU

DES PRINCIPES IMMÉDIATS NORMAUX ET MORBIDES

QUI CONSTITUENT LE CORPS DE L'HOMME ET DES MAMMIFÈRES,

PAR

Charles ROBIN,

Docteur en médecine et docteur ès sciences,
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Professeur d'anatomie générale,
Ancien interne des hôpitaux de Paris, Elève lauréat à l'Ecole pratique de médecine, Membre des sociétés de Biologie, Philomatique, Entomologique et Anatomique de Paris, Correspondant de l'Académie médico-chirurgicale de Stockholm ;

ET

F. VERDEIL,

Docteur en médecine, Chef des travaux chimiques à l'Institut national agronomique, Professeur de chimie, Membre de la Société de biologie de Paris, et de la Société helvétique d'histoire naturelle.

> Chymia egregia ancilla medicinæ; non alia pejor domina. (LIND, *Traité du scorbut*, Paris, 1756, t. I, p. 78.)

ACCOMPAGNÉ D'UN ATLAS DE 45 PLANCHES GRAVÉES, EN PARTIE COLORIÉES.

TOME DEUXIÈME.

PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE,

RUE HAUTEFEUILLE, 19 ;

A LONDRES, CHEZ H. BAILLIÈRE, 219, REGENT-STREET ;

A NEW-YORK, CHEZ H. BAILLIÈRE, 290, BROADWAY ;

A MADRID, CHEZ C. BAILLY-BAILLIÈRE, CALLE DEL PRINCIPE, 11.

1853

TRAITÉ

DE

CHIMIE ANATOMIQUE

ET PHYSIOLOGIQUE.

LIVRE DEUXIÈME.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS EN PARTICULIER.

656. — Nous venons de passer en revue, dans le volume précédent, tous les caractères que peuvent offrir à étudier les principes immédiats considérés dans leur ensemble ; en un mot, ce qui dans ces principes immédiats est commun à tous, ou pour mieux dire au plus grand nombre. Il faut maintenant prendre séparément chacun des principes, et en faire l'histoire en appliquant à chaque espèce en particulier la marche que nous venons de suivre pour eux tous. Nous aurons donc à étudier, sur chacun d'eux successivement, les différents caractères que nous avons passés en revue. Dans les généralités qui précèdent, nous avons considéré tous les principes ensemble comme n'en faisant qu'un ; en sorte que les caractères qui manquaient chez les uns nous les avons trouvés chez les autres ; et de cette manière aucun des chapitres traitant des caractères des principes en général n'est resté vide.

Mais, en prenant chaque principe isolément, nous verrons manquer tel ou tel caractère ; ou plus souvent encore ce sont les matériaux se rapportant à tel ou tel ordre de caractères, qui n'auront pas été recueillis par les expérimentateurs. Le nombre des principes est si considérable, leur étude est si

longue, qu'il est facile de comprendre qu'il nous a été impossible de remplir toutes les lacunes qu'il reste encore à combler. Ce sont là autant de sujets de recherches à entreprendre que nous indiquerons chemin faisant, car, faute de temps, nous n'avons pu en effectuer qu'un certain nombre. Aussi montrerons-nous çà et là quels sont les matériaux qui manquent et les chapitres pour lesquels nous avons été forcés de nous contenter des données incomplètes contenues dans les livres.

A cet égard nous devons prévenir que nous n'avons jamais hésité à repousser ceux de ces matériaux qui, bien que acceptés comme bons par les chimistes ou les physiologistes et les médecins dans leurs traités, sont pourtant faciles à reconnaître comme évidemment erronés. Par conséquent, toutes les fois que, par un vice de méthode ou par suite de l'emploi d'un mauvais procédé, les résultats obtenus ont dû être inexacts, toutes les fois qu'on a dû ainsi décomposer un véritable principe immédiat pour obtenir seulement un de ses dérivés, nous ne tenons aucun compte de ces résultats. Ils sont en effet évidemment inutiles, puisque l'on obtient de la sorte un composé, qui en réalité ne joue aucun rôle dans l'organisme. C'est ainsi, par exemple, que nous ne devons pas considérer comme devant rentrer dans l'histoire du carbonate d'ammoniaque les résultats se rapportant à ce corps, obtenus en décomposant la fibrine ou autre principe azoté par le feu. C'est encore ainsi que nous ne devons pas considérer la chaux, la magnésie, et quelques autres oxydes alcalins, comme formant des principes immédiats; car on ne les a obtenus qu'en chauffant jusqu'au rouge les sels de divers tissus, en les décomposant ainsi. Ce sont ces derniers sels et non leurs oxydes que nous devons étudier.

657. — Nous aurons à traiter successivement pour chaque espèce : 1° De sa dénomination ; 2° de sa synonymie ; 3° de sa définition.

4° Nous parlerons ensuite de la situation de chaque principe dans l'organisme, c'est-à-dire des humeurs ou des tissus

dans lesquels il se rencontre. (Voir à cet égard ce que nous avons dit t. I, p. 572.)

5° Nous indiquerons, quand il sera possible de le faire, quelle est la masse que présente ce principe immédiat, tant d'une manière absolue que par rapport au volume du corps de l'animal qu'on étudie.

6° Quelquefois nous aurons à indiquer la forme qu'affecte ce principe dans l'organisme. (Carbonate de chaux de l'otoconie, etc.)

7° Nous dirons ensuite, quand il y aura lieu, si son existence dans l'économie est temporaire, ou s'il y reste pendant toute la vie.

Voilà autant de caractères d'ordre mathématique, les uns relatifs à la situation, les autres au volume, à la forme et à la durée.

8° Il faudra ensuite indiquer l'état ou les états gazeux, liquide, demi-solide et solide sous lesquels le principe se rencontre ou peut se rencontrer dans l'organisme.

9° Puis il y aura à parler de sa quantité en poids tant absolu que relatif à celui du corps.

Ce sont là autant de caractères d'ordre physique, et à peu près les seuls que nous aurons à signaler.

10° L'état dans lequel se trouve chaque principe peut ne pas lui être ordinaire, et être dû à ce qu'il est à l'état de dissolution. Il faudra donc étudier les caractères qu'il offre dans l'économie sous le point de vue des phénomènes chimiques de dissolution.

11° Il faudra ensuite rechercher quelles sont les réactions chimiques qu'il offre dans l'économie, sous l'influence des agents physiques et au contact des réactifs, toutes les fois qu'il y aura intérêt à le faire. De ces réactions, il sera quelquefois utile (au point de vue de la marche à suivre dans l'*extraction* de tel ou tel principe) de déduire la *composition immédiate* de l'espèce étudiée; et même, pour les *substances organiques* dont la composition n'est pas connue, il sera utile de faire voir que la *composition élémentaire* est utile à con-

naître pour distinguer certaines espèces les unes des autres, dans les limites de ce que nous avons dit t. I, p. 662.

12° Quelques uns pourront offrir des caractères organoleptiques, comme le sel marin, quelques principes des corps gras, etc. Le fait, néanmoins, n'est pas fréquent.

13° Il faudra ensuite étudier les caractères d'ordre organique proprement dits des principes immédiats; c'est-à-dire chercher à voir avec quels autres principes celui qu'on étudie se trouve uni, et de quelle manière, par l'ensemble des caractères précédents, ces principes concourent à former la substance organisée, avec toutes ses modifications, ses degrés divers de simplicité et de complication.

14° Il sera nécessaire de rechercher si quelques uns des caractères précédemment étudiés ne changent pas suivant les sexes, les âges, les races, les espèces animales, et dans certaines conditions morbides. Nous aurons ici, comme dans l'étude des principes en général, à voir d'où ils viennent, où et comment ils se forment, et où ils vont (Voir § 268, t. Ier, p. 283).

15° Nous aurons à voir ensuite de quelle nature physique ou chimique sont les actes de cette formation, entrée et sortie; quelle part ce principe prend par ces actes à l'accomplissement de telle ou telle fonction. Cet article, qui est destiné uniquement à établir une liaison entre l'anatomie et la physiologie, devra naturellement être très court dans un livre d'anatomie, surtout à propos des principes immédiats.

16° Ainsi que déjà nous l'avons indiqué en traitant des procédés d'extraction des principes immédiats en général, nous devons traiter spécialement des moyens employés pour l'isolement de chaque principe en particulier.

17° Enfin, nous terminerons par l'exposé des phases historiques successives qu'a présentées naturellement l'histoire de chaque principe. Nous aurons à voir ici comment il a été découvert, de quelle manière il a été considéré par rapport à l'économie vivante, quels sont les auteurs qui se sont le plus rapprochés du point de vue anatomique en faisant son étude;

quels sont ceux, au contraire, bien plus nombreux, qui se sont placés à un point de vue purement chimique.

Tels sont les différents points de vue que nous a offerts l'étude des principes immédiats, faite pour eux tous comme s'ils n'en formaient qu'un. Il en est plusieurs qui manqueront tout à fait ou seront réduits à peu de chose dans l'histoire séparée de chaque espèce, soit parce qu'elles n'offrent pas ce caractère, soit parce que l'étude anatomique de chaque principe pris séparément, n'ayant jamais été faite, on a, faute d'une méthode pour se guider, omis de traiter de cette partie de leur his toire.

PREMIÈRE CLASSE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

PRINCIPES IMMÉDIATS D'ORIGINE MINÉRALE OU INORGANIQUE.

Synonymie : *Matériaux ou principes minéraux, inorganiques, matières minérales, inorganiques, combinaisons anorganiques.*

658. — Définition : *Principes immédiats cristallisables ou volatils sans décomposition; identiques, par leurs caractères et leur composition immédiate et élémentaire, avec ceux qu'on trouve dans les corps bruts; communs au règne minéral et au règne organique; à la fois empruntés et rejetés dans les milieux ambiants dont ils font partie.*

I. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE MATHÉMATIQUE DANS L'ORGANISME.

659. — Ils sont au *nombre* de vingt-neuf, bien déterminés, qui sont :

1. L'oxygène.
2. L'hydrogène.
3. L'azote.
4. L'acide carbonique.
5. L'hydrogène proto-carboné.
6. L'hydrogène sulfuré.
7. L'eau.
8. Le chlorure de sodium.
9. Le chlorure de potassium.
10. Le chlorhydrate d'ammoniaque.
11. Le carbonate de chaux.
12. Le bicarbonate de chaux.
13. Le carbonate d'ammoniaque.
14. Le bicarbonate d'ammoniaque.
15. Le carbonate de magnésie.
16. Le carbonate de potasse.
17. Le bicarbonate de potasse.
18. Le carbonate de soude.
19. Le bicarbonate de soude.
20. Le sulfate de potasse.

21. Le sulfate de soude.
22. Le sulfate de chaux.
23. Le phosphate de chaux des os ou basique.
24. Le phosphate acide de chaux.
25. Le phosphate de magnésie.
26. Le phosphate neutre de soude.
27. Le phosphate acide de soude.
28. Le phosphate de potasse.
29. Le phosphate ammoniaco-magnésien.

De plus, 1° la silice, 2° le fer, 3° le cuivre, 4° le plomb et 5° le manganèse, entrent dans la composition de principes appartenant très probablement à cette classe; mais ces espèces ne sont pas encore déterminées. Il n'y a de connu pour chacun d'eux que les éléments chimiques que nous venons de nommer.

660. — Ils se rencontrent, en général, dans tous les tissus et toutes les humeurs de l'économie; cependant ils prédominent dans ces dernières, et n'existent qu'en petite proportion dans les solides. Il faut en excepter seulement les os et les dents, où prédominent ces principes sur ceux des classes suivantes. Les uns se trouvent, sans exception, dans tous les tissus et toutes les humeurs, comme l'eau et le sel marin, d'autres se trouvent spécialement dans quelques parties du corps, comme l'azote dans le sang et les gaz pulmonaires, le phosphate acide de soude dans l'urine, etc.

661. — La masse totale des principes immédiats d'origine inorganique est plus considérable que celle qui est représentée par les autres principes. L'eau et le phosphate de chaux des os sont les deux principes dont la masse prédomine sur tout, et, en faisant abstraction de ces deux corps, il n'en est plus de même. On ne sait pas, du reste, quel est au juste le rapport existant entre la masse des matériaux d'origine inorganique et celle des matériaux d'origine organique.

Il est, d'autre part, important de faire remarquer que la prédominance de l'eau tient surtout à ce que dans l'analyse l'on dessèche complétement les tissus : or il peut bien se faire qu'une partie de cette eau soit nécessaire à la constitution d'un certain nombre de principes immédiats des substances organiques, qui n'existent plus comme espèces, telles qu'elles étaient dans l'économie, dès qu'on a chassé cette eau.

662. — Ces principes se trouvent habituellement à l'état amorphe dans l'organisme, qu'ils concourent à constituer. Ce sont les éléments anatomiques seuls dont ces corps, par leur réunion, forment la substance, qui nous présenteront des formes spéciales, nouvelles, qui ne se rencontrent que dans les corps organisés. Il faut indiquer, toutefois, que normalement quelques principes, comme le carbonate de chaux de l'otoconie, ont une forme cristalline. Il en est encore ainsi de ce même sel dans l'urine du cheval et du lapin, et aussi du phosphate de magnésie dans celle de ce dernier. Le phosphate ammoniaco-magnésien se présente quelquefois avec la forme cristalline, mais c'est surtout à l'état morbide.

663. — Parmi ces principes, les uns persistent indéfiniment dans l'organisme, depuis son origine jusqu'à la mort. La plupart sont dans ce cas. D'autres y arrivent un certain temps après le commencement de l'évolution; tels sont, sans doute, le phosphate de chaux des os, l'oxygène, et durent autant que la vie. Enfin, il en est qui n'ont qu'une durée temporaire dans l'économie; tels sont l'hydrogène sulfuré, le carbonate d'ammoniaque, le phosphate ammoniaco-magnésien.

II. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE PHYSIQUE DANS L'ORGANISME.

664. — Le poids des principes immédiats de cette classe, comparativement au poids du corps, n'a pas été déterminé, ce qui ne doit pas étonner, puisqu'on n'est pas même encore fixé sur leur nombre.

665.—Les sept premiers principes immédiats de cette classe sont alternativement à l'état gazeux et à l'état liquide, et à ce soit dernier état par dissolution, comme les gaz, soit parce que c'est leur état le plus habituel, comme l'eau. D'autres sont alternativement à l'état liquide et à l'état solide, comme les sels de chaux, de magnésie et de soude. Mais aucun n'est et ne peut être, pendant toute la durée de sa présence dans l'économie, toujours à l'état solide. C'est là une des conditions d'existence de l'organisme que ses principes puissent être alternativement

liquides, solides, et encore liquides, pour entrer et sortir de la substance du corps qu'ils concourent à constituer.

Le chlorhydrate et le carbonate d'ammoniaque, et peut-être aussi quelques sels de soude et de potasse, sont probablement toujours à l'état liquide dans l'organisme.

666. — Il y a des principes qui sont gazeux dans l'économie, parce que c'est leur état le plus habituel dans les conditions où nous vivons ; tels sont l'oxygène, l'azote, etc. D'autres n'offrent cet état qu'en raison de la température du corps ; telle est l'eau en vapeur dans les bronches. Quelques-uns sont liquides, parce que c'est aussi là leur état le plus habituel : l'eau seule est dans ce cas.

La plupart des autres principes sont dissous dans cette eau ; et ils sont ainsi à l'état liquide par dissolution directe, en raison de leur propriété d'être solubles dans l'eau. C'est encore là une condition d'existence des corps vivants. Les gaz, les sels de soude et de potasse sont dans ce cas. Mais la plupart des sels de chaux ne sont à l'état liquide que par dissolution indirecte ; c'est-à-dire qu'ils sont dissous par un liquide constitué par une eau plus ou moins chargée de sels alcalins, tels que des chlorures, phosphates, carbonates, etc.

Outre les principes qui quelquefois sont à l'état cristallin, il en est d'autres qui peuvent se présenter à l'état solide directement ; tels sont certains dépôts morbides de phosphate de chaux amorphe, dans des cas de gravelle phosphatique avec urines alcalines. Mais ce même principe, ainsi que les carbonates de chaux, de magnésie, sont encore à l'état solide et demi-solide par combinaison à des substances organiques ; c'est ce qu'on peut observer dans les os, les dents, les cartilages, les incrustations artérielles, celles des pseudo-membranes de certaines tumeurs de l'utérus ou de l'ovaire, etc. Il est probable que les sels solubles, existant dans ces tissus, tels que les chlorures, sulfates et phosphates alcalins, sont dans le même cas, et qu'ils ne sont pas non plus à l'état liquide dans tous ces tissus. L'eau elle-même peut indirectement, par union à ces substances organiques, présenter l'état demi-solide et solide en

même temps que les sels alcalins qu'elle tient en dissolution. On ne saurait admettre en effet que l'état physique de l'eau dans les os, les dents, les cartilages, les incrustations, etc., soit le même que dans le sang ou les muscles.

III. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE CHIMIQUE DANS L'ORGANISME.

667. — Les principes immédiats de cette classe présentent dans l'organisme au contact des agents physiques les mêmes actions chimiques qu'au dehors; mais seulement elles sont ordinairement modifiées par les conditions complexes dans lesquelles se passe le phénomène. Ainsi, sous l'influence de l'électricité voltaïque, on peut autour des aiguilles implantées dans les tissus voir se décomposer les chlorures ou les sulfates; seulement, au lieu d'isoler ainsi un acide d'une part, une base de l'autre, l'un et l'autre se fixent immédiatement sur l'albumine ou la fibrine que l'acide coagule et que tend à fluidifier davantage la base. C'est cette propriété des principes qu'on a cherché à utiliser pour le traitement des anévrismes ou des tumeurs érectiles par l'électricité. Il est bien certain que les autres agents physiques produiraient sur ces principes les mêmes actions chimiques qu'ils déterminent hors de l'économie vivante, si, comme l'électricité, on pouvait les appliquer sans déterminer la mort, c'est-à-dire sans détruire en même temps les conditions de persistance des phénomènes vitaux.

668. — Quelques espèces peuvent montrer, d'autre part, que les principes conservent dans l'organisme les mêmes réactions, en général, que hors de l'économie. Le sel marin des humeurs, par exemple, se décompose au contact du nitrate d'argent, comme s'il était en solution dans l'eau; l'acide carbonique des carbonates est chassé par des acides plus forts, comme s'il s'agissait d'un carbonate libre. Seulement les exemples de ce genre sont rares, parce que peu de principes se trouvent dans des conditions aussi simples, aussi voisines de celles dans lesquelles nous expérimentons ordinairement hors de l'économie; de plus il en est peu qui offrent des réactions aussi nettes. Mais il est important de

remarquer que fréquemment l'union des principes de cette classe aux substances organiques peut être telle que l'action de certains réactifs n'ait plus lieu, ou bien qu'ayant lieu elle soit masquée par d'autres phénomènes qui en changent l'aspect qui est habituel dans des conditions moins complexes.

669. — De l'étude de l'influence des agents physiques et chimiques sur les principes immédiats de cette classe, considérés dans l'organisme, on pourrait déduire leur composition immédiate. (Voyez *Prolégomènes* t. I, p. 6.) En fait, c'est après qu'on les a extraits qu'on étudie quelle est cette composition immédiate ; quoi qu'il en soit, c'est ici qu'il faut en parler pour être fidèle à la méthode, car cette composition est utile à connaître.

Le phosphate ammoniaco-magnésien est formé d'un acide et de deux bases qui sont unies l'une aux autres en un certain *rapport défini ou déterminé, fixe, constamment le même.* Les phosphates simples, sulfates, carbonates et chlorures qu'on trouve dans l'économie, sont aussi formés d'un acide, mais d'une seule base, qui sont aussi combinées en *rapports définis ou déterminés*, rapports quelquefois *multiples* pour deux mêmes bases. C'est ce qu'on voit pour les phosphates et carbonates de chaux et de soude qu'on trouve à l'état de phosphate neutre et de phosphate acide, de carbonate et de bicarbonate ; mais, à part ces cas, l'acide et la base ne forment, dans l'économie, qu'une seule combinaison.

Cette constitution immédiate de ces principes est, comme on voit, identique avec ce qu'on observe hors de l'économie. Il nous suffit donc de rappeler ici ces faits, supposés étudiés en chimie. Mais nous devons faire cette mention, car on utilise ces connaissances en physiologie, pour se rendre compte de la manière dont une portion de la masse de ces principes peut céder une de ses parties constituantes, la base, en général, à quelque autre espèce d'origine organique ; d'où production d'autres principes ; d'où certains phénomènes physiologiques. Exemples : 1° Le phosphate neutre de soude cède

à l'acide urique ou hippurique une partie de sa base, d'où résulte formation du phosphate acide de soude et des urates ou hippurates de soude; 2° le carbonate de soude cède sa base à l'acide pneumique, d'où formation de pneumate de soude et d'acide carbonique, lequel se dégage; d'où, dans ces divers actes, élévation ou abaissement de température et de leur ensemble, maintien de la température normale ou physiologique du corps.

Les principes immédiats, qui sont des composés chimiques, définis complexes, peuvent, comme tout composé chimique, être dédoublés, décomposés en corps moins compliqués; c'est pour n'avoir pas tenu compte du fait suivant, supposé enseigné à l'anatomiste pendant son éducation chimique, qu'il a été admis par beaucoup d'anatomistes et encore plus de chimistes, que la soude, l'acide phosphorique, etc., par exemple, étaient des principes immédiats réels, tandis que ce n'est pas comme tels qu'ils existent, mais comme phosphate de soude. Quand celui-ci se décompose, c'est pour passer instantanément à l'état d'un autre composé et non pas pour laisser libre l'acide d'un côté, la base de l'autre, sauf le cas tout spécial de l'acide carbonique. Les bases et les acides dont nous venons de parler sont combinés binairement, et sont eux-mêmes formés de deux corps simples combinés binairement.

L'étude de la constitution chimique des autres principes de cette classe (eau, acide carbonique, hydrogène sulfuré, etc.), auxquels ne s'applique pas ce qui précède, montre qu'ils sont immédiatement formés par deux corps simples. Ils sont unis en rapports définis fixes ou déterminés. Les autres de ces principes sont des corps simples.

Les corps composés qui sont des principes éloignés de l'organisme, qu'on obtient ainsi par décomposition immédiate des principes de cette classe, sont :

1. La potasse.
2. La soude.
3. La chaux.
4. La magnésie.
5. L'ammoniaque.
6. L'acide phosphorique.
7. L'acide sulfurique.
8. L'acide chlorhydrique.
9. L'acide carbonique.

D'après ce que nous avons vu précédemment, il faut y joindre la silice, l'oxyde de fer, etc., qui sont probablement un produit de décomposition de quelque principe immédiat réel. Ces faits sont utiles à connaître en pratique anatomique comme en physiologie ; car toutes les fois que, dans une analyse, on trouvera quelqu'un de ces corps, il y aura à voir s'il ne vient pas de la décomposition de quelque principe réel. Quand on obtient de l'acide carbonique, par exemple, durant une analyse anatomique, il y a à rechercher s'il ne vient pas de quelque bicarbonate ou carbonate qui aura été décomposé. Cette liste des composés, que l'on obtient en décomposant les principes immédiats, s'agrandira quand on saura sous quel état se trouvent le fer, le manganèse, le cuivre et le plomb dans l'économie.

Il suffira de réfléchir aux caractères de l'hydrogène carboné, du sulfuré et de l'acide carbonique, seuls principes immédiats binaires, pour voir qu'il est inutile de faire, à leur égard, des remarques analogues aux précédentes, sous le point de vue de leur décomposition, laquelle fournit des corps simples et non des bases ou des acides.

670. — De nos connaissances chimiques, nous déduisons la liste suivante des corps simples ou principes les plus éloignés qui composent les principes immédiats de la première classe.

1. Oxygène.
2. Hydrogène.
3. Azote.
4. Carbone.
5. Soufre.
6. Phosphore.
7. Chlore.
8. Sodium.
9. Potassium.
10. Calcium.
11. Magnésium.

Voyez plus haut ce que nous avons dit du fer, du cuivre, du plomb, du manganèse et du silicium.

Il est facile de voir, en jetant les yeux sur cette liste, que sa connaissance a une utilité bien plus éloignée et bien moins fréquente que celle de la connaissance des acides et des bases qui constituent immédiatement les principes de cette classe.

Aussi n'a-t-on confondu que fort rarement ces corps sim-

ples avec les principes immédiats ; tandis qu'il n'en est pas de même des acides et des bases, ainsi que nous l'avons vu dans le volume I[er], et que nous le verrons dans le IV[e] livre. Le fer, le manganèse, etc., ne sont encore considérés comme tels que parce qu'on ne sait pas encore sous quel état ils existent dans l'organisme.

671. — C'est à l'état de phosphates, carbonates, etc., et non à l'état de composés binaires en lesquels on peut décomposer ces corps, pas plus également qu'à l'état de corps simples, que se trouvent les parties constituantes de l'organisme. (Voyez, à cet égard, ce que nous avons dit t. I, p. 180.)

IV. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE ORGANOLEPTIQUE DANS L'ÉCONOMIE.

672. — Parmi les principes de cette classe, s'en trouvent quelques uns qui conservent, dans les conditions où ils se trouvent dans l'organisme, quelques caractères organoleptiques : ce sont le sel marin, dont le goût peut être reconnu dans un certain nombre d'humeurs, le carbonate d'ammoniaque et l'hydrogène sulfuré, dont l'odeur peut être facilement reconnue, dès qu'il existe quelque part un peu de ces principes.

V. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE ORGANIQUE DANS L'ÉCONOMIE.

673. — Le seul caractère d'ordre organique que présentent ces principes immédiats, caractère qu'ils partagent avec tous ceux des autres classes, c'est de concourir à former la substance organisée. Nous avons déjà fait remarquer à diverses reprises que les principes de la première classe ne prennent qu'une part accessoire à la constitution de cette substance, mais ce sont des accessoires indispensables, car ils sont une condition d'existence et d'activité des autres principes qui constituent essentiellement le corps organisé.

Plus est considérable la quantité relative des principes de cette classe que renferme une des parties du corps, plus sa substance se rapproche des composés que nous pouvons faire artificiellement, plus elle se rapproche des composés d'origine

inorganique, et *vice versâ ;* moins le caractère d'ordre organique des principes de cette classe est prononcé. L'urine, par exemple, est dans le premier cas : elle est formée, en effet, par une plus grande quantité d'eau et de sels que d'autres principes ; elle en contient bien plus que les autres parties du corps ; aussi nulle partie du corps ne se rapproche autant des dissolutions artificielles ; nulle part les principes immédiats ne manifestent leurs caractères d'ordre inorganique avec autant de netteté ; nulle part leurs caractères organiques ne sont aussi peu manifestes.

Si une partie du corps n'est exclusivement formée par des principes de cette classe, nulle humeur, nul tissu ne les possède tous à la fois. Le sang lui-même, qui en renferme le plus d'espèces, manque pourtant de phosphate acide de soude, de phosphate ammoniaco-magnésien, d'hydrogène sulfuré. L'urine qui en possède également beaucoup manque d'oxygène, d'azote, d'hydrogène sulfuré. Mais, à part ces principes, les humeurs précédentes possèdent à peu près tous les autres. Quant aux autres parties tant solides que liquides, elles ne contiennent jamais qu'un petit nombre d'entre eux.

Variations des caractères des principes immédiats étudiés quand il y a lieu suivant les sexes, les âges, les races, espèces et états morbides.

674. — Si nous examinons à part les particularités que peut offrir l'étude de ces principes suivant les *sexes*, *les âges*, *les races*, *les espèces et les états morbides*, nous ne trouverons aucun fait précis qui soit relatif absolument à tous les principes de cette classe. Mais, chemin faisant, nous en trouverons plusieurs qui se rapportent à certaines espèces en particulier. Il y aurait certainement un certain intérêt bien qu'éloigné et général à connaître quelle est la quantité des principes de cette classe comparativement à la masse du corps et de ceux des autres classes dans les différentes conditions signalées ci-dessus. On sait déjà approximativement que les principes de la première classe sont plus abondants chez les hommes que chez la femme, chez le vieillard que chez l'enfant, ce qui

tient surtout à la prédominance, chez le premier, des sels du squelette, et bien que, chez celle-ci, l'eau existe en plus grande proportion que chez l'homme. On sait aussi que, pour la même cause, il est des *races* de bœufs et de moutons chez lesquelles la masse des principes immédiats dont nous traitons est plus grande que chez d'autres à égalité de poids du corps. On constate des faits analogues quand on compare les espèces ou les ordres entre eux, comme les carnassiers aux ruminants.

675. — De même qu'on ne peut étudier l'organisme total sans connaître le milieu où il vit, de même on ne peut bien étudier les appareils sans connaître l'ensemble de l'organisme, les organes sans connaître les appareils ; et ainsi des autres, pour les systèmes, tissus et humeurs, éléments et principes immédiats. L'étude des parties les plus simples réagit ensuite de la manière la plus utile sur la connaissance de celles qui sont plus élevées en complication, et cela est surtout vrai pour l'étude des actes accomplis par chacun des ordres de parties dont nous parlons. C'est par une suite d'études nécessairement alternatives, que se complète la connaissance de l'organisme.

De même aussi on ne peut étudier convenablement les variations des caractères que présentent les diverses parties du corps suivant les âges, etc., sans les connaître déjà à l'état parfait.

De même enfin on ne peut étudier les actes propres des diverses parties du corps et en particulier leur naissance (ou formation pour les principes immédiats) sans connaître *leurs conditions d'existence* (caractères de divers ordres de ces parties) et leurs *conditions de naissance* (ou de *formation* pour les principes immédiats). Pour l'organisme les conditions d'existence sont le milieu ambiant inorganique et organique ; les conditions de naissance sont l'existence de parents, c'est-à-dire d'autres organismes qui donnent naissance à des éléments anatomiques, ovules et spermatozoïdes. De ces éléments anatomiques en dérivent d'autres, de ceux-ci viennent les

tissus, qui bientôt représentent les systèmes, dont les parties en se développant donnent naissance aux organes ; de la réunion de ceux-ci naissent les appareils, et du tout résulte un organisme ; c'est-à-dire qu'on voit par là que l'étude de la naissance de l'une quelconque des parties du corps nécessite la connaissance anatomique de toutes les autres, mais ne nécessite que cela.

Il est cependant encore tout un ordre de parties constituantes de l'économie qui reste en dehors de ce cercle et semble en être tout à fait exclu, dont les conditions de formation semblent constituer une étude tout à fait étrangère à la biologie, entièrement différente de l'examen des conditions de formation des autres parties. Matériaux des éléments, humeurs, tissus, etc., qui naissent, les principes se forment dans le même lieu, dans les mêmes conditions où naissent les parties précédentes. Ici, rien de nouveau ; une fois les principes connus (chap. 1er, art. 1er du livre I), il suffit d'indiquer le lieu où ils se forment pour se représenter les conditions de cette formation, absolument comme ci-dessus pour la naissance des éléments, tissus, etc. Mais les matériaux des principes eux-mêmes viennent de quelque part : il y a donc à étudier leur provenance et les conditions de leur entrée ; c'est par cette étude que se trouve lié le cercle biologique précédent aux sciences autres que la biologie. Et, bien plus, ce lien est double, car les principes des matériaux des autres parties du corps *sortent*, en certain nombre du moins ; d'où nécessité de connaître les conditions de cette sortie et l'endroit où se rendent ces principes ainsi rejetés. Ainsi on voit que l'étude des conditions de formation des principes immédiats nécessite la connaissance anatomique de tous les ordres de parties de l'économie, d'abord, et de plus des milieux ambiants : minéraux seulement, s'il ne s'agit que des plantes ; et aussi organiques quand il est question des animaux, comme dans ce livre, c'est-à-dire qu'elle nécessite la connaissance de la physique et de la chimie principalement, et aussi du reste de la biologie.

Il résulte de tout cela que dans l'étude dynamique des éléments anatomiques des tissus, etc., il suffit : 1° pour aborder l'examen de leurs actes propres, de connaître leurs caractères anatomiques ; 2° pour étudier un autre de leurs actes, qui est commun à toutes les parties du corps, la *naissance*, il suffit d'indiquer le *lieu* où elle se passe, pour que l'on se représente aussitôt les conditions de cette naissance. Car nous venons de voir que l'anatomie entière est supposée connue quand on étudie la physiologie et qu'elle suffit dans l'examen de cet ordre de faits physiologiques.

Il n'en est plus de même des principes immédiats. Pour étudier leur *rôle dynamique* ou actes propres qu'ils manifestent, et spécialement leur formation, il faut connaître : 1° *leurs caractères dans l'organisme*, comme pour toutes les autres parties constituantes de l'économie (chap. Ier, art. 1er du liv. Ier). 2° Comme les principes immédiats présentent ce fait, qui n'appartient qu'à eux et à nulle autre partie du corps, qu'eux ou leurs matériaux de formation : *a*, entrent, *b*. se forment, *c*. puis sortent, il faut indiquer : A. l'origine de leurs matériaux et les *conditions*, plus le lieu de l'entrée de ceux-ci. B Pour leur formation, il faut indiquer le *lieu* où elle se passe, comme dans la naissance des éléments anatomiques. C. Enfin, il est nécessaire d'indiquer les conditions et le lieu de leur sortie. Voilà donc des faits, A et C, en partie physiques, qui ne se montrent pas dans l'étude des éléments, tissus, etc., qui sont tout à fait propres à la stœchiologie. Ces faits, il faut ici les étudier au point de vue statique, avant d'examiner les phénomènes résultant de cette entrée, de cette sortie, et de cette formation des principes immédiats.

Or il se trouve naturellement que les conditions d'entrée et de sortie, ainsi que de formation des principes, varient avec les *âges* de l'organisme auquel ils appartiennent, en même temps que varient, avec les mêmes âges, le nombre des espèces de principes et la quantité de chacune d'elles. Nous avons donc dû étudier ces conditions à la suite de ces changements des caractères des principes suivant les âges,

et les phénomènes de la formation, en envisageant les principes au point de vue dynamique. C'était là l'endroit de notre livre où devait être placée cette étude spéciale. (Voyez de plus ce que nous avons dit, tome Ier, pages 284 et 285, sur ce que les principes sont les seules espèces de parties du corps dont les individus ne présentent pas des changements secondaires successifs, appelés âges, parallèlement à ceux de l'organisme ; ce qui tient à ce qu'ils n'ont pas une forme et un volume déterminés et sont unis molécule à molécule et non par contiguïté.)

A. Origine des matériaux et conditions d'entrée des principes immédiats de la première classe.

676. — La plupart sont empruntés tout formés aux milieux ambiants, solides, liquides ou gazeux. (Voy. § 188, t. Ier, p. 204.)

Chez l'embryon, ils passent du sang maternel au sang fœtal par endosmose au travers des villosités placentaires. Chez l'adulte, ceux qui sont gazeux pénètrent par le poumon et par la peau ; ceux qui sont liquides et ceux qui sont solides pénètrent par l'intestin, sous forme de boissons et avec les aliments solides. (Voy. § 189, t. Ier, p. 205.) Ces derniers, après dissolution préalable dans l'eau ou dans d'autres solutions salines (phosphate de chaux dissous dans les eaux plus ou moins chargées d'acide carbonique, etc., sulfate de chaux dissous dans les eaux contenant des sulfates et chlorures alcalins).

1. L'acide carbonique,
2. Les bicarbonates et quelques carbonates,
3. L'hydrogène,
4. L'hydrogène protocarboné,
5. L'hydrogène sulfuré,
6. Le carbonate d'ammoniaque,
7. Le phosphate ammoniaco-magnésien,

sont les seuls principes de cette classe dont les matériaux viennent du dedans ; ils sont empruntés aux principes participant déjà aux actes nutritifs de l'organisme où a lieu la formation. (Voyez § 191, t. Ier, p. 207.)

B. Conditions de formation des principes de la première classe.

677. — Comme la plupart pénètrent tout formés, les conditions de leur formation n'ont rien d'organique. Ce sont les mêmes que pour tous les corps du règne minéral, et sont ici censées avoir été étudiées en chimie.

Quant aux composés ci-dessus, dont les matériaux sont empruntés aux principes déjà existants dans l'économie ou à des composés végétaux (tartrates, citrates qui passent à l'état de carbonates dans l'organisme même) déjà assimilés, on observe qu'ils ont pour condition commune de formation, la désassimilation de quelques autres principes, leur passage à l'état de composés devant être rejetés hors de l'organisme. Exemples : 1° l'acide pneumique du tissu pulmonaire le quitte et déplace l'acide carbonique des carbonates et bicarbonates du sang ; 2° c'est par destruction, désassimilation de principes de la troisième classe que se forment l'ammoniaque et l'acide de son carbonate, le phosphate ammoniaco-magnésien, ainsi que l'hydrogène protocarboné ; autant de principes, du reste, fort accessoires, à côté des autres de cette classe, sauf l'acide carbonique. Car de ce que chaque classe, considérée en général, est également indispensable à bien connaître, il ne faut pas croire que dans chacune d'elles tous les principes immédiats offrent une égale utilité à être connus.

C. Conditions d'issue et de fin des principes immédiats de la première classe.

678. — Tous les principes de cette classe sans exception sont rejetés au dehors de l'organisme, nul ne s'y détruit, si ce n'est en partie, et encore seulement pour quelques uns ; l'oxygène seul disparaît en tant qu'oxygène libre, presque en totalité dans l'économie. Ils ont pour condition de sortie l'état fluide, liquide ou gazeux. Ceux qui pathologiquement acquièrent l'état solide dans l'intérieur, ne sortent qu'après liquéfaction préalable, et s'ils ne se liquéfient pas, ils deviennent cause d'accidents morbides (phosphates et carbonates des concrétions diverses et des calculs).

C'est par le rein, en travers des tubes urinipares, comme principes constituants de l'urine, qu'ils s'échappent pour la plupart tant chez l'adulte que chez le fœtus, dont l'eau amniotique en renferme un assez grand nombre, du carbonate d'ammoniaque entre autres. L'acide carbonique, l'hydrogène, le carbonate d'ammoniaque, ont pour condition de sortie les membranes perméables pulmonaire et cutanée. C'est par le poumon surtout et la peau qu'ils s'échappent.

C'est par l'intestin surtout que sortent les gaz hydrogène sulfuré et carboné, ainsi que souvent du phosphate ammoniaco-magnésien et normalement plusieurs des autres principes précédents. Une fois rejetés par ces diverses voies qui sont autant de conditions d'accomplissement de leur sortie, ils font de nouveau partie des milieux ambiants, y subissent divers phénomènes de double décomposition s'ils rencontrent d'autres sels, participent à la putréfaction comme les sulfates et phosphates pour former des hydrogènes sulfurés, etc. Ils finissent ainsi par faire partie de nouveau du milieu minéral, ou par rentrer prochainement dans d'autres organismes végétaux ou animaux. (Voyez §§ 139 et 140, t. Ier, p. 256-257.)

Les conditions d'entrée de ces principes varient fort peu avec les âges, mais celles de sortie, au contraire, sont peu développées chez l'embryon et le fœtus; aussi ces principes s'y accumulent et servent à l'accroissement. Chez les vieillards les conditions d'issue deviennent moins favorables du côté du rein et du sang ou de l'urine, et ces principes s'y accumulent, mais alors en excès, d'où la formation pathologique d'*incrustations*, *concrétions* et *calculs* dont ils constituent une partie.

679. — Plusieurs des principes de cette classe pris à part offrent dans les cas morbides diverses particularités, mais à cet égard on ne peut rien dire qui soit commun à tous. Dans les cas d'ostéomalacie générale, par exemple, la masse des principes de cette classe diminue, ce qui tient principalement à la diminution de la quantité du phosphate de chaux des os.

Du rôle dynamique rempli par les principes immédiats de la première classe dans les actes de l'organisme.

680. — Le rôle des principes immédiats de cette classe est des plus nettement caractérisés.

Il n'est pas d'être organisé, vivant, sans un milieu dans lequel il emprunte des matériaux et dans lequel il rejette ceux qui ont déjà servi ou les résidus. On ne connaît pas d'animal vivant dans un milieu purement minéral ; mais pas un non plus n'existe dans des milieux purement organiques.

En un mot, on ne connaît et l'on ne conçoit pas d'organisme qui ne renferme un certain nombre de principes identiques avec ceux du milieu dans lequel il vit ; comme aussi on n'en connaît ni on n'en conçoit qui ne soit constitué que de principes semblables à ceux du milieu dans lequel il existe ; car alors il ne serait plus qu'une partie même de ce milieu.

Or le rôle général rempli par les principes de cette classe est ou de servir de matériaux pour la formation d'autres principes différents d'eux-mêmes (végétaux), ou de servir principalement de véhicule (animaux) pour l'entrée et la sortie des matériaux de ces principes différents de ceux du milieu extérieur, et accessoirement de fournir quelques matériaux pour leur formation (base des urates, lactates, etc.).

Ceux qui entrent manifestent des actes physiques d'endosmose et chimiques de dissolution.

Ceux qui sortent manifestent des actes physiques d'exosmose.

Durant leur séjour quelques uns présentent, pour une partie de leur masse, des actes de décomposition en cédant une partie de leur base aux acides d'origine organique. D'autres se fixent aux *substances organiques* pour concourir à former des tissus résistants, et concourir ainsi indirectement aux actes physiques qui se passent dans l'être vivant. (Voy. § 269, 1°, t. Ier, p. 286.)

681. — Tous ces actes ont certainement pour *résultat* la production d'une certaine quantité de chaleur, qui concourt avec celle produite pendant la formation des autres principes au résultat général de maintien de la température du corps. C'est même spécialement la formation de l'acide carbonique, des carbonates et des bicarbonates qui est accompagnée de la plus forte élévation de température ; comme c'est spécialement à l'évaporation de l'eau qu'est dû son abaissement, d'où maintien de la stabilité de cet état particulier de l'organisme. Ces faits, ne concernant qu'un petit nombre des principes de cette classe, ne devront être développés que dans les chapitres traitant de chacun de ces corps en particulier. Mais nous avons déjà vu çà et là que tout ne doit pas être rapporté spécialement à la formation de l'acide carbonique.

Classification des principes de la première classe.

682.— Les principes immédiats de cette classe se subdivisent en deux *tribus* assez naturelles, et dont l'emploi abrége et facilite le discours.

La première tribu comprend les principes *gazeux* ou *liquides* ou principes *non salins;* la deuxième embrasse tous les composés *salins* ou *sels*.

683.— *Première tribu.* Elle comprend :

1. L'oxygène.
2. L'azote.
3. L'hydrogène.
4. L'hydrogène protocarboné.
5. L'hydrogène sulfuré.
6. L'acide carbonique.
7. L'eau.

Ces principes de cette tribu ont pour caractère d'être tous dans l'économie alternativement à l'état gazeux et à l'état liquide, en général par dissolution ou parce que c'est leur état propre à la température du corps, comme l'eau. Ce sont tous des corps simples ou des corps binaires.

Les autres caractères de ces principes ne présentent rien qui soit commun à eux tous.

684.— *Seconde tribu.* Elle comprend :

1. Le chlorure de sodium.
2. Le chlorure de potassium.
3. Le fluorure de calcium.
4. Le chlorhydrate d'ammoniaque.
5. Le carbonate de chaux.
6. Le bicarbonate de chaux.
7. Le carbonate d'ammoniaque.
8. Le bicarbonate d'ammoniaque.
9. Le carbonate de magnésie.
10. Le carbonate de potasse.
11. Le bicarbonate de potasse.
12. Le carbonate de soude.
13. Le bicarbonate de soude.
14. Le sulfate de potasse.
15. Le sulfate de soude.
16. Le sulfate de chaux.
17. Le phosphate de chaux des os ou basique.
18. Le phosphate acide de chaux.
19. Le phosphate de magnésie.
10. Le phosphate neutre de soude.
21. Le phosphate acide de soude.
22. Le phosphate de potasse.
23. Le phosphate ammoniaco-magnésien.

Les principes de cette tribu ont pour caractères communs d'être toujours à l'état liquide par dissolution directe ou indirecte, ou alternativement à l'etat liquide et solide, mais jamais gazeux (sauf quelquefois le carbonate d'ammoniaque). Ce sont tous des corps de composition ternaire ou quaternaire à l'état salin.

Ces caractères les séparent nettement des autres et suffisent pour les faire distinguer d'eux. Il n'est pas d'autres de leurs caractères qui soient communs à tous, à moins de vouloir répéter ce qui dans l'étude de la classe entière s'applique plus spécialement au plus grand nombre de ceux-ci, mais non à tous, comme on le voit en considérant les carbonates et le phosphate ammoniaco-magnésien.

685.— Si l'on pénètre dans l'intérieur de chacune de ces tribus pour en étudier la subdivision possible en groupes d'ordre inférieur encore, il est facile de constater, en examinant les différents ordres de caractères des principes, que cette subdivision embrouille plus qu'elle ne sert ; car on serait aussitôt conduit à des groupes formés d'un seul individu. On s'aperçoit même ici déjà, comme dans toute classification anatomique, que chaque tribu renferme des individus fort disparates, ne présentant aucune transition graduelle de l'un à l'autre ; ce qui ne doit pas étonner, car nous avons vu que dans l'organisme chaque espèce d'individus est facteur de quelque chose, chacun remplit son rôle, et qu'on ne saurait concevoir une hiérarchie avec transition insensible sans voir ce rôle pouvoir être rempli à peu près indifféremment par telle ou telle espèce. Cette disparité des espèces anatomiques, soit principes, éléments, tissus, systèmes, etc., qui va toujours en augmentant à partir des principes immédiats jusqu'aux appareils, est même un fait qui favorise et facilite heureusement leur distinction, c'est-à-dire l'étude de l'anatomie. Il semble au premier abord que les carbonates, sulfates, phosphates, etc., peuvent former autant de groupes naturels, mais dès qu'on arrive à leur caractère organique, c'est-à-dire à l'étude de la part qu'ils prennent à la constitution de la matière organisée, on voit que chacun y prend une part particulière, et que le phosphate de soude ne ressemble en rien sous ce rapport à un phosphate de chaux, etc. Ce n'est que lorsqu'on arrive à l'extraction des principes, c'est-à-dire à l'emploi des moyens chimiques et physiques, qui servent à les extraire, qu'on trouve quelque chose de commun sous ce

rapport dans quelque groupe de sels, considéré ainsi seulement au point de vue chimique. Cela, comme on voit, est loin de suffire à l'établissement de subdivisions, lorsque le but principal est la connaissance de l'anatomie.

686. — La nomenclature des principes immédiats de la première classe est naturellement la même que celle employée en chimie, puisque ces corps ont dans l'organisme la même constitution chimique qu'au dehors.

Faits communs concernant les procédés qu'on emploie dans l'extraction des principes immédiats de la première classe.

687. — Les procédés d'extraction des principes de cette classe sont généralement simples. Pour la plupart d'entre eux, il suffit d'évaporer le liquide qui les tient en dissolution, ou, quand ils sont très solubles, de faciliter leur précipitation par addition d'alcool ou d'éther. Ceux qui sont unis à des substances organiques, comme les phosphates, carbonates de chaux, sont plus difficiles à isoler, sans qu'on fasse subir de modification à leur composition réelle. Il faut du reste savoir que la calcination, si souvent employée pour les extraire, ne peut presque jamais fournir les principes tels qu'ils existent, et amène presque nécessairement leur décomposition en les faisant passer à un autre état. (Voyez t. Ier, chap. IV.)

Historique.

688. — L'histoire des principes immédiats n'ayant jamais été faite d'une manière systématique, il n'est pas étonnant de voir que les matériaux qui se rapportent aux principes de cette classe se trouvent presque tous dans les travaux séparés dont chaque tissu ou humeur a été le sujet. Ainsi on trouve déjà dans Boyle (1) qu'il est fait mention des parties salines que contiennent le sérum du sang et l'urine. Après avoir séparé ces parties, guidé par une éminente pensée philosophique, il cherche à reconstituer le sérum, et ne le pouvant, il en conclut que le sang n'est pas constitué par les parties en lesquelles la chimie le résout, et qu'il n'est pas formé par des principes chimiques.

Boerhaave cite un ancien manuscrit sans date d'Isaac Hollandus, dans lequel il est déjà fait mention du phosphore dans le sang (2). Thomas

(1) Boyle, *Apparatus ad naturalem sanguinis humani ac spiritus ejusdem liquoris historiam*, Londini, 1684, in-8°. Et dans *De sanguine humano chemista sceptico, historia firmitatis et fluiditatis, et de infido experimentorum successu.*

(2) Boerhaave, *Methodus studii medici.* 1751, Amstelædami, in-4°, t. I, p. 242.

Willis connaissait les parties salines de l'urine (1). Tous les auteurs qui à cette époque, ou à peu près, ont analysé l'urine, en ont trouvé et cherché à étudier les sels. Tels sont Lemery, Hoffmann, etc. Vieussens connaissait déjà d'une manière générale les principes de cette classe qui entrent dans la composition du sang, puisqu'il cherchait à donner les proportions d'eau, de sels fixes et volatils, des terres et des huiles du sang (2).

Boerhaave donna une grande impulsion à l'étude des principes de cette classe en se plaignant de ce que les parties solides de l'économie n'étaient pas assez étudiées, et cherchant à les faire connaître dans ses ouvrages (3). Il distingue ce qu'il appelle les *principes chimiques* des *sels terreux*, et se plaint de n'avoir pas trouvé de bons auteurs qui aient écrit sur ce sujet, en ce sens que tous ont cru que les solides consistent en principes chimiques, tandis qu'ils sont formés uniquement par *des terres*. Il prend les os et les cheveux calcinés pour exemple. Les fibres élémentaires, d'après lui, sont terrestres : « *fibræ minimæ ex mera terra constant, absque oleo et sale.* » Ces fibres se réunissent pour former les plus fins vaisseaux, ceux-ci pour former les parois des artères, des veines et des autres organes. Le feu chasse les liquides contenus dans ces plus fins vaisseaux, les sels volatils et l'huile, de là la perte causée par le feu. Ce fut à partir de cette époque, ou à peu près, ainsi que le montrera l'historique de chaque principe en particulier, que l'on reconnut que les *partes terrestres* dont parle Boerhaave n'étaient pas simples, et qu'en outre de l'huile, des sels volatils et de l'eau, il y avait encore d'autres principes. Denis Papin fut un de ceux qui donnèrent l'impulsion par la découverte de la gélatine, et de ses expériences (4) on commença à conclure que toutes les parties précédentes sont, comme la terre, des parties constituantes de l'os (5).

Il serait impossible, même au point de vue historique, de rien dire de plus qui s'applique exactement à toute cette classe de principes immédiats. Dès cette époque, lorsqu'on sort du point de vue général auquel nous avons été obligés de nous placer dans l'historique de tous les principes considérés en masse, on reconnaît bientôt que les travaux que

(1) Th. Willisius, *De febribus et urinis*. Londini, 1662, in-8°.

(2) Vieussens, *Dissertation touchant l'extraction du sel acide du sang*, in-8°. Montpellier, 1698. — *Traité des liqueurs.* Toulouse, 1715, in-4°.

(3) H. Boerhaave, *Aphorismi de cognoscendis et curandis morbis*, n°s 21 à 39. Leyde, 1709. — *Institutiones medicæ*, cap. *De nutritione*, n° 453. Leyde, 1708. — *Elementa chemiæ*. Leyde, 1732, t. II, p. 360. — Et dans Hyeronimus David Gaubius, *Dissertatio inauguralis de solidis corporis humani partibus*. Leydæ, 1725.

(4) Denys Papin, *Art d'amollir les os*. Paris, 1721, in-12.

(5) Haller dans Boerhaave, *loc. cit.*, 1751, t. I, p. 144, en note.

nous aurions à analyser se rapportent soit à un ou à deux principes de la première section, soit exclusivement à ceux de la seconde seulement, sans que les autres aient été pris en considération. C'est donc en parlant de l'oxygène, de l'acide carbonique, de l'eau, etc., que nous aurons à mentionner les premiers, et c'est en parlant des principes de la deuxième tribu en général que nous extrairons de divers ouvrages ce qu'ils renferment d'utile.

PREMIÈRE TRIBU.

DE LA PREMIÈRE CLASSE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

689. — Principes alternativement à l'état gazeux, et à l'état liquide par dissolution, à l'exception de l'eau, dont c'est l'état habituel à la température du corps. Ce sont des corps simples ou des corps binaires.

Par leur échange endosmotique avec les principes analogues des milieux ambiants s'établit la relation entre l'organisme et la partie gazeuse du milieu où vit l'animal.

CHAPITRE PREMIER.

DE L'OXYGÈNE.

Synonymie : *air déphlogistiqué* (Priestley), *air vital ou air pur* (Condorcet), *oxigine* (Lavoisier), *oxigène* (Lavoisier, 1785), *gaz oxigène* (Lavoisier).

Région de l'économie où se trouve ce principe.

690. — L'oxygène se rencontre dans le sang artériel et dans le sang veineux ; dans le parenchyme pulmonaire où il est contenu dans les ramifications bronchiques, et enfin on a trouvé de l'oxygène dans l'estomac d'un supplicié (1) et dans le gaz qui remplissait la panse d'une vache tympanisée (2).

Il n'existe pas d'oxygène dans la lymphe ni dans le chyle, du moins nulle recherche n'a démontré son existence dans ces humeurs. Il ne s'en trouve pas dans l'urine, ni les autres produits de sécrétion.

(1) Chevreul dans Magendie, *Note sur les gaz intestinaux de l'homme sain* (*Bulletin de la Soc. philomatique*, juillet 1816, in-4°, p. 129).

(2) Lassaigne, *Journal de chimie médicale*, t. VI, p. 497. 1830.

Quantité en volume.

691. — Il y a dans l'organisme de 223 à 233 centimètres cubes environ d'oxygène, lorsqu'il est ramené à l'état gazeux. Mais comme on ne peut liquéfier ce gaz et qu'une partie est à l'état de dissolution dans le corps, on ne sait quelle part il prend à la constitution de la masse du corps.

692. — On trouve de l'oxygène dans l'économie depuis le commencement de l'état fœtal jusqu'à la mort.

Quantité en poids.

693. — La quantité absolue en poids de l'oxygène dans le corps de l'homme et des mamnifères est de 5$^{gram.}$,020 à 5$^{gram.}$,150 en moyenne ; cette quantité est du reste susceptible de varier beaucoup sur le même individu, suivant l'état de dilatation ou de repos dans lequel se trouve le thorax. On n'a pas expérimenté d'une manière assez régulière pour qu'il soit possible de déduire les variations suivant les sexes, les âges et les divers mammifères, ni même suivant les états morbides. Ce fait n'aurait, du reste, pas une grande utilité. On peut déduire des chiffres précédents le poids de l'oxygène comparé à celui du corps.

Quantité dans le sang.

694. — D'après les recherches de Magnus, l'oxygène contenu dans le sang veineux s'élève tout au plus au cinquième des autres gaz ; tandis que l'oxygène du sang artériel constitue au moins le tiers et presque la moitié de ces mêmes gaz.

Voici les quantités de ce gaz contenues dans le sang, d'après les tableaux de ce chimiste.

Sang artériel d'un cheval.			*Sang veineux du même.*		
Centimètres cubes.	Contiennent oxygène, cent. cubes.	En volume pour 100.	Centimètres cubes.	Contiennent oxygène, cent. cubes.	En volume pour 100.
125	1,9	1,60	205	2,3	1,12
130	4,1	3,15	195	2,5	1,28
122	2,2	1,88	170	2,5	1,47
Veau 123	3,5	2,84	Veau 153	1,8	1,17
Id. 108	3,0	2,87	*Id.* 140	1,0	0,71

L'oxygène est en quantité plus considérable dans le sang artériel que dans le sang veineux ; en moyenne, il y a 2,41 à 3 centimètres cubes pour 100 dans le premier, et de 1 centimètre cube à 1,17 seulement pour le second ; ce qui donne à l'avantage du sang artériel une différence de 1,25 pour 100 en moyenne.

Comme à chaque inspiration l'air du poumon perd 4 à 6 pour 100 de son oxygène, il est probable que le sang qui sort de cet organe, si l'on pouvait l'analyser, donnerait une moyenne beaucoup plus forte que la précédente. Cette moyenne n'est aussi faible que parce que le sang analysé a déjà perdu une partie de son oxygène par combinaison à d'autres principes.

Un litre d'eau dissout, à la température de 10 degrés, 46 centimètres cubes d'oxygène ; on voit, d'après ce qui précède, que le sang en peut dissoudre bien davantage. Les expériences directes de Magnus (1) ont en effet montré qu'il peut en dissoudre de 100 à 120 centimètres cubes par litre, soit 10 à 12 pour 100, au lieu de 4 à 5 pour 100 que dissout l'eau ; mais le sang tiré de la veine n'en renferme que 10 à 13 centimètres cubes par litre. Il faut, de plus, tenir compte de la température élevée du sang, car à 37 degrés l'eau n'en contiendrait pas 46 centimètres cubes par litre.

695. — On sait qu'il y a 12 à 13 kilogr. de sang dans le corps de l'homme. Les injections montrent que le système veineux a une capacité plus que double de celle du système artériel ; mais les vivisections montrent que ce dernier est toujours plus exactement rempli par le sang que le premier. En sorte qu'en modifiant un résultat par l'autre, on arrive à reconnaître, par une approximation qui ne peut pas avoir beaucoup de précision, que la quantité du sang artériel est à celle du sang veineux : : 2 : 3. Ce qui donne 5 kilogr. de sang artériel et 7,50 de sang veineux.

Comme 1 kilogr. de sang égale à peu près un litre (un peu moins), il en résulte qu'il y a environ 150 centimètres cubes d'oxygène dans le sang artériel, et 75 dans le sang veineux ;

(1) Magnus, *Annalen der Physik und Chemie*, 1846, vol. LXVI, p. 177.

en tout, 225 centimètres cubes et demi. Par suite, la quantité en poids de l'oxygène se trouve être de $2^{gram.}$,720 pour le sang artériel et $1^{gram.}$,360 pour le sang veineux ; en tout, $4^{gram.}$,080.

Comme on ne sait quel est le volume auquel est réduit un centimètre cube ramené à l'état liquide, on ne peut savoir quelle part l'oxygène dissous dans le sang prend à la constitution de la masse du corps.

Ces quantités d'oxygène varient, du reste, suivant un grand nombre de circonstances physiologiques, suivant les âges, les sexes, et surtout suivant les espèces animales. Du reste, les notions acquises ainsi relativement à l'oxygène considéré dans le corps animal sont à peu près suffisantes pour les questions physiologiques à résoudre dans lesquelles il faut tenir compte de sa présence. Cependant au nombre des points qu'il reste à étudier, il faut noter celui qui concerne l'existence de l'oxygène et autres gaz dans le sang du fœtus, dont on ne connaît pas la composition sous ce rapport.

Oxygène dans le poumon.

696. — L'oxygène contenu dans le parenchyme pulmonaire est une des parties constituantes du corps au même titre que tout autre principe immédiat, au même titre que celui qui est dissous dans le sang. On ne saurait, en effet, concevoir un mammifère vivant dans notre atmosphère sans oxygène dans les ramuscules bronchiques. Que l'oxygène soit à l'état gazeux ou liquide, c'est-à-dire dissous, peu importe, ce n'en est pas moins un de nos principes immédiats.

L'oxygène existe dans lés bronches à l'état gazeux, et très probablement il s'en trouve aussi un peu à l'état de dissolution dans le mucus bronchique. Il est mêlé à l'acide carbonique qui se trouve en voie d'échange continuel avec lui, par endosmose au travers des parois des capillaires et de la mince muqueuse, ou mieux de la simple couche épithéliale qui les tapisse dans les derniers ramuscules de l'arbre pulmonaire. Il est également mêlé à l'azote de l'air inspiré et à la vapeur d'eau qui se dégage des parois toujours humides des bronches.

Sans tenir compte des nombreuses variations de quantité de l'oxygène pulmonaire, suivant les âges, les sexes, les espèces animales, il suffira de donner ici les chiffres des quantités moyennes obtenues par les expérimentateurs. Il faut les déduire de la composition de l'air expiré ; nous verrons que c'est le seul moyen d'arriver à connaître approximativement la quantité d'oxygène contenu dans le poumon.

1° Après une expiration calme, le poumon à l'état de repos contient : 493 millimètres cubes de gaz ; c'est-à-dire une quantité de gaz pouvant remplir un vase cubique de 493 millimètres d'arête intérieure.

2° Après expiration exagérée : 232 millimètres cubes de gaz.

Sachant que l'air expiré a perdu de 4 à 6 pour 100 de son oxygène, qu'il ne lui en reste par conséquent que de 15 à 17 pour 100 au lieu de 21, on en déduit que :

1° Le poumon, à l'état de repos, après une expiration calme, contient : oxygène, 73 à 83 millimètres cubes ; 2° après expiration forcée : 34 à 39 millimètres cubes.

Il y a toujours plus d'oxygène absorbé, quand on accélère la respiration que lorsqu'elle est régulière ; mais une fois atteint le chiffre de 10 pour 100 d'oxygène enlevé aux gaz pulmonaires, cette quantité n'augmente plus, quelque longtemps que dure l'expérience (1).

697. — Ce qui précède donne en poids : 1° 0gram.,094 à 0gram.,107 ; 2° 0gram.,045 à 0gram.,050.

Ainsi, la quantité d'oxygène contenue habituellement dans le poumon, après l'expiration calme, ne va qu'aux deux tiers de celle que renferme le sang artériel, et au quart de celle contenue par la totalité du sang.

Il est à remarquer que l'on ne peut analyser que l'air expiré seulement. En effet, pendant l'inspiration, l'air pur qui pénètre est plus riche en oxygène que celui qui est dans le poumon, et ces deux mélanges gazeux se mêlent à leur tour aussitôt l'un à l'autre. C'est ce mélange qui est échangé par endosmose avec les gaz contenus dans les vaisseaux sanguins ; le

(1) Allen et Pepys, *Philosophical transactions*, 1808, 1809 et 1827.

premier pénètre dans le sang, et ceux-ci s'échappent. Ainsi ce n'est pas de l'air pur qui pénètre dans les capillaires du poumon; mais il est facile de concevoir que les phénomènes complexes de mélange d'air et de gaz bronchiques, d'une part, de mélange des gaz sortant des vaisseaux avec ces gaz pulmonaires, d'autre part, ayant lieu simultanément, on ne peut songer à donner la composition du mélange gazeux incessamment variable qui ne cesse pourtant de remplir les bronches. On ne peut agir que sur l'air expiré, ou sur l'air contenu dans les poumons d'un animal tué brusquement, gaz que l'on expulse par pression sous le mercure. Mais ce dernier procédé donnerait un résultat certainement moins positif que l'autre, en raison des échanges de gaz, continuant après la mort, entre les solides et les liquides pulmonaires, d'une part, et les gaz bronchiques à expulser, de l'autre.

Ainsi, déjà dans les conditions les plus simples, lorsqu'il ne s'agit que d'analyser un mélange gazeux, qui est loin d'être aussi complexe et aussi difficile à étudier qu'une humeur quelconque, nous voici arrêtés dans l'emploi de nos procédés physico-chimiques, et cela par suite du double mouvement continu de composition et de décomposition caractéristique de la vie, dont l'échange des gaz pulmonaires et sanguins, dans l'acte respiratoire, est pourtant la manifestation la plus simple et la plus nettement tranchée. Cet exemple d'obstacle apporté, par le fait du double mouvement vital, à l'emploi des procédés inorganiques pour l'étude de l'acte vital le plus exempt de complication, le plus analogue aux faits physico-chimiques d'endosmose (sauf la continuité), est des plus propres à faire sentir l'impuissance des empiétements de la chimie sur la biologie. Il est, d'autre part, des plus convenables pour faire sentir comment, lorsque les actes physico-chimiques ayant lieu simultanément en nombre considérable, ils ont des résultats si complexes que les lois des phénomènes inorganiques ne suffisent plus pour s'en rendre compte. Car là se manifestent d'autres faits, distincts des précédents, qui en sont dépendants, mais ne se confondent pas avec eux.

Aussi peut-on constater que ces faits résultent de l'activité, de la mise en action de corps dont la substance est sans analogie avec la matière brute.

698. — On n'a trouvé de l'oxygène qu'une seule fois dans l'estomac d'un supplicié ; c'est, du reste, la seule portion du tube digestif dans laquelle on ait trouvé de l'oxygène à l'état normal. Il y en avait 11 pour 100. Il était mêlé d'hydrogène, d'azote et d'acide carbonique (1).

État sous lequel on trouve l'oxygène dans l'organisme.

699. — L'oxygène existe dans le sang à l'état de *dissolution.*

Les globules, la fibrine et le sérum sont les trois parties du sang susceptibles de dissoudre ce gaz. C'est dans les globules qu'il existe dissous, et dont il faut le chasser pour l'extraire. Berzelius a, en effet, démontré (2) que le sérum dissout *fort peu* d'oxygène, tandis que, lorsqu'on y mêle l'hématine, il en absorbe une quantité bien plus considérable. Magnus a, en outre, montré que le sang dissout une bien plus grande quantité d'oxygène et d'acide carbonique que l'eau pure : ainsi 1000 volumes d'eau agités et saturés d'air dissolvent 9 volumes 1/4 d'oxygène (Gay-Lussac), et 1000 volumes de sang dissolvent 100 à 130 volumes d'oxygène (3).

Ainsi, ce n'est donc pas le sérum qui est principalement chargé de l'oxygène que contient le sang : ce sont surtout les globules, fait également admis par Liebig (4). Le fait doit être précisé, car on sait que certaines solutions salines absorbent beaucoup plus de gaz que le même volume d'eau pure (solution de phosphate de soude et acide carbonique, etc.). Or il aurait pu se faire que la dissolution de l'oxygène fût un

(1) Chevreul dans Magendie, *Note sur les gaz intestinaux de l'homme sain* (*Nouveau bulletin de la Soc. philomatique*, juillet 1816, in-4°, p. 129).

(2) Berzelius, *loc. cit.*, édition publiée par Valerius, 1838, t. II, p. 551.

(3) Magnus, *loc. cit.*, vol. LXVI, p. 177. 1846.

(4) Liebig, *Nouvelles lettres sur la chimie*, trad. franç., 1852. Paris, in-18, p. 89.

fait de ce genre ; mais l'expérience de Berzelius montre qu'il n'en est pas ainsi.

700. — Ce n'est pas la fibrine du sang qui dissout l'oxygène, car elle existe en très petite quantité. De plus, on sait que l'oxygène, mis au contact des globules devenus moins élastiques par absorption d'acide carbonique, leur fait reprendre leur élasticité et leur consistance propres (1). On sait aussi que, dans ce cas, et même sur l'animal vivant, l'oxygène fait disparaître la teinte violette des globules, pour leur donner la coloration rouge vermeil. Comme il est prouvé que l'absence d'acide carbonique ne suffit pas pour donner aux globules la couleur vermeille avec toute son intensité, il faut bien admettre que les globules se sont pénétrés et imbibés du gaz oxygène, dont le seul contact sur la surface de ceux-ci ne suffirait pas pour donner lieu à cette coloration, ni leur rendre l'élasticité.

Ainsi, c'est dans les corpuscules solides que l'oxygène est dissous en majeure partie. Ce sont eux qui, lorsqu'on agite le sang dans l'air, empruntent à celui-ci un volume d'oxygène égal au dixième de celui du sang ; le sérum en contient peut-être, mais fort peu, car il en dissout tout au plus autant que l'eau. Il est probable, même, qu'une fois le sang hors du poumon, les globules dissolvent tout l'oxygène que tenait en dissolution le sérum, au fur et à mesure que le gaz devient acide carbonique dans leur épaisseur. Dès lors, le sérum ne tiendrait plus de gaz en dissolution. L'expérience prouve que l'augmentation, dans de certaines limites, de la quantité d'oxygène dans l'air est sans influence sur l'acte respiratoire, car les globules n'en dissolvent jamais que la quantité qu'ils ont la propriété de dissoudre. MM. Regnault et Reiset (2) ont vu, en effet, que des animaux qui respiraient dans une atmosphère contenant deux à trois fois plus d'oxygène que l'air ordinaire n'éprouvaient

(1) Dumas, *Recherches sur le sang* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*. In-4°, 1846, t. XXII, p. 908).

(2) Regnault et Reiset, *Sur la respiration des animaux* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, in-4°, 1er semestre 1848, p. 25-26).

aucun malaise, et les produits expirés étaient les mêmes qu'à l'état normal, pendant vingt-deux à vingt-quatre heures que dura l'expérience.

La diminution, dans certaines limites, de la quantité d'oxygène introduit dans le poumon est également sans influence sur la respiration ; car les globules s'emparent de tout l'oxygène qu'ils peuvent prendre tant qu'il y en a dans l'air, pourvu, comme nous le verrons bientôt, qu'il n'y ait pas trop d'acide carbonique. Ainsi on sait que la respiration est la même sur les plateaux élevés de l'Amérique centrale que sur les bords de la mer. C'est ce que prouve ce fait, mis en relief par Liebig, que dans la ville de Puno, qui renferme 12,000 habitants, et dans celle de Potosi, qui en a 30,000, et sont situées à 4,000 mètres au-dessus du niveau de la mer, la quantité d'oxygène qui pénètre dans le poumon à chaque inspiration est égale seulement aux deux tiers, ou un peu plus, de la quantité d'oxygène qu'y introduisent les habitants des côtes de l'Océan.

701. — L'oxygène dissous par le sang peut être déplacé par un gaz inactif comme l'hydrogène ou l'azote. Il peut être déplacé par l'acide carbonique même. Ainsi Magnus a montré que le sang artériel, saturé au sortir des vaisseaux par de l'acide carbonique, cède de l'oxygène, pendant cette saturation, plus de 10 pour 100 de son volume. L'oxygène peut également, ainsi que nous l'avons vu, chasser l'acide carbonique et en prendre la place. Mais la présence de l'acide carbonique dans l'air entrave le déplacement de celui du sang par l'oxygène. Si l'air renferme plus d'acide carbonique qu'à l'ordinaire, c'est l'oxygène du sang qui tend à être déplacé. Ainsi, dit Liebig, lorsque la quantité habituelle d'acide carbonique augmente dans l'air, l'absorption d'oxygène en est entravée, lors même que la proportion de cet oxygène ne change pas. Mais les expériences déjà citées de MM. Regnault et Reiset montrent que, si l'on augmente dans l'air la quantité d'oxygène en même temps qu'augmente la quantité d'acide, cet effet de l'accroissement de quantité de ce dernier est neutra-

lisé. Ainsi, des animaux n'ont rien éprouvé de fâcheux en respirant pendant vingt-deux à vingt-six heures dans une atmosphère contenant 17 à 23 pour 100 d'acide carbonique, mais aussi 1 1/2 à 2 fois plus d'oxygène que l'air normal.

702.— L'oxygène est *dissous* par les globules ; ce qui veut dire que, dans cet acte de fixation de l'oxygène, il y a *combinaison*, et non pas simple mélange ou absorption par imbibition physique. (Voyez, pour les dissolutions, t. Ier, p. 444 et suiv.)

Il y a deux opinions contraires sur l'état dans lequel l'oxygène se trouve dans le sang : 1° l'oxygène serait simplement absorbé par mélange physique, ou *absorbé*, comme on dit ; 2° il serait dans le sang à l'état de *dissolution*.

L'élimination du gaz oxygène par un excès de gaz carbonique serait pour quelques auteurs une preuve évidente que cet oxygène n'est pas *chimiquement combiné* avec le sang, mais qu'il y est simplement *absorbé* physiquement. Mais les faits précédemment indiqués montrent que la faculté de dissolution de l'oxygène par le sang ne change pas avec la pression, qu'elle en est indépendante. Or, il n'en est pas ainsi dans les cas où un gaz est seulement physiquement absorbé par un liquide. Dans tous les cas où un gaz est contenu dans un liquide simplement à l'état absorbé, et non en combinaison chimique, dit Liebig, la quantité de gaz absorbé ne dépend absolument que de la pression extérieure ; elle augmente ou diminue à mesure que cette pression augmente ou diminue. Il faut donc admettre que cette faculté de dissoudre l'oxygène « est due à une attraction chimique ayant pour effet de produire dans le sang une combinaison chimique (1). »

703. — Dans le poumon et dans l'intestin, l'oxygène existe à l'état gazeux, *mélangé* aux autres gaz.

704. — L'oxygène a pour caractère d'ordre organique de concourir à constituer la substance organisée, ce qui est une des conditions d'existence de l'organisme, par suite de possibilité d'une relation entre l'être et le milieu ambiant. Il est

(1) LIEBIG, *Lettres*, 1852, in-18, p. 87.

à remarquer aussi que c'est une humeur, le sang, qui en renferme surtout ; ce qui est en rapport avec ce fait général, que les humeurs ont pour usage général d'établir une relation entre l'économie et les corps extérieurs.

Oxygène dans les conditions pathologiques.

705. — Au point de vue morbide, on peut reconnaître que l'oxygène contenu dans le sang doit varier de quantité. Mais on manque d'expériences directes à cet égard. Comme l'acide carbonique expiré, au lieu de varier entre 3 et 5 pour 100, peut descendre à 1 et monter à 8 pour 100, suivant les états pathologiques, on peut en conclure que l'oxygène varie également de quantité, puisqu'il y a, pendant l'état normal, une certaine relation entre la quantité d'oxygène absorbé et celle d'acide carbonique rejeté. Il doit en être de même pour les variations suivant les âges et les sexes.

On trouve de l'oxygène dans l'intestin, mêlé à d'autres gaz, soit chez l'homme malade, soit chez les animaux. La quantité est, chez l'homme, de 2 à 8 pour 100 dans l'estomac ; une fois, elle était de 13 pour 100. Dans le gros intestin, elle n'est que de 2 à 3 pour 100. Il y en a plus souvent dans l'estomac que dans l'intestin. Il est mêlé d'acide carbonique, d'hydrogène et de carbures et sulfures d'hydrogène. Il disparaît ordinairement vers le commencement de l'intestin grêle, on ne le trouve que dans l'estomac et le gros intestin. Une seule fois sur cinquante-quatre, l'intestin grêle en contenait (1). M. Lassaigne en a trouvé 14,7 pour 100 dans le gaz de la panse d'une vache météorisée ; il était mêlé à du protoxyde d'azote, de l'acide carbonique et des carbures d'hydrogène (2).

Origine de l'oxygène de l'économie.

706. — Tout l'oxygène du corps vient de l'air qui nous environne. L'oxygène du poumon tire son origine de l'atmos-

(1) CHEVILLOT, *Recherches sur les gaz de l'estomac et des intestins de l'homme à l'état de maladie* (*Journ. de chimie médic.*, 1829, t. V, p. 596).
(2) LASSAIGNE, *Journal de chimie médic.*, 1830, t. VI, p. 597.

phère ; mais celui qui pénètre pendant l'inspiration n'y retourne pas en totalité : il en reste 4 à 6 pour 100 dans le corps.

L'oxygène du sang vient du poumon ; la peau en absorbe aussi un peu chez l'homme : 1/50e ou 1/60e de ce que prend le poumon ; mais chez les batraciens et les animaux inférieurs, la proportion est bien plus considérable. C'est au sang que les gaz bronchiques cèdent 4 à 6 pour 100 de leur oxygène. Cette quantité est remplacée par un volume d'acide carbonique égal à un quart ou à un cinquième près (1). C'est pour cela que nous expirons un volume de gaz qui n'est pas tout à fait égal à celui que nous avons inspiré. Il y a perte d'oxygène pour le milieu ambiant. Celui-ci deviendrait donc, au bout d'un certain temps, impropre à la respiration, et, par suite, à la vie, si l'acte respiratoire des plantes vertes n'avait un résultat inverse de celui des animaux. Elles prennent de l'acide carbonique et rejettent de l'oxygène. Ainsi les plantes sont une des conditions d'existence des animaux, non seulement au point de vue de l'acte alimentaire, mais d'abord, et plus nécessairement, sous le rapport de la respiration.

Il y a certainement une petite quantité d'air mêlé ou dissous dans les aliments et à la salive, qui se trouve entraîné dans l'estomac par la déglutition. Peut-être était-ce là l'origine de celui que l'on a trouvé à l'état normal. On ne sait quelles réactions pourraient donner lieu au dégagement de ce gaz dans l'intestin, fait admis sans preuves par quelques physiologistes. Il semble que dès qu'il y a des gaz dans l'intestin, ils doivent s'échanger par endosmose avec ceux du sang ; cependant, souvent les gaz intestinaux ne renferment pas d'oxygène, en sorte que la présence de ce gaz dans l'estomac ou l'intestin grêle n'est pas un fait purement physique d'échange avec les gaz du sang. Quoiqu'on ne sache pas d'une manière précise d'où vient l'oxygène intestinal, comme on ne voit pas quelles réactions chimiques pourraient lui donner

(1) Regnault et Reiset, *Sur la respirat. des animaux* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1848, t. XXVI, p. 17 et suiv.).

naissance, le fait le plus probable est qu'il vient des gaz du sang, soit par endosmose, pouvant avoir ou ne pas avoir lieu suivant certaines circonstances encore indéterminées. Ainsi, on est encore réduit à des conjectures sur l'origine de ce gaz dans l'intestin; mais rien n'est positif.

Fin ou disparition de l'oxygène.

707. — Des bronches, l'oxygène passe dans le sang, dont les globules le dissolvent. C'est de cette combinaison très faible ou dissolution dans les globules qu'on chasse l'oxygène par un courant d'un autre gaz, ou qu'on l'extrait en faisant le vide sur le sang. Cet oxygène dissous se combine dans le corps; on sait que sur 100 parties en poids, 74 sont remplacées au dehors par de l'acide carbonique (1). On ne sait pas encore ce que devient l'autre quart de l'oxygène; à quels principes il se combine, à quels produits il donne lieu. On sait actuellement que la combinaison de l'oxygène au carbone, ou combustion, n'a pas lieu dans le poumon seulement et instantanément; que le poumon n'est pas un foyer de combustion, puisqu'on trouve de l'oxygène dans le sang de toutes les parties du corps. C'est dans toutes les parties du corps qu'il se fixe que la combinaison a lieu.

A quels principes des globules se combine l'oxygène dissous par le sang? Il est possible que ce soit à l'hématine. En effet, celle qui est extraite du sang artériel se dissout dans l'eau avec une couleur vermeille, celle qu'on retire du sang veineux donne une dissolution rouge brun foncé. Il y a donc une différence chimique entre ces deux hématines.

Il n'est pas dit que l'oxygène, en se combinant à un principe, soit immédiatement remplacé par un volume égal d'acide carbonique ou d'eau, et qu'il y ait ici un phénomène direct de combustion. Nous aurons à voir, en parlant de l'acide carbonique, quelle est son origine dans le sang, d'où il vient. Nous n'avons à chercher ici que le lieu où l'oxygène se fixe.

L'oxygène se fixe, sinon en totalité, au moins en grande

(1) Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848, p. 23 à 26.

partie, aux substances organiques. Nous avons vu déjà, t. Ier, p. 256, que peut-être il s'en fixe aux corps gras, mais le fait est moins certain. Absorber et fixer de l'oxygène est une propriété de toute matière organisée, morte ou vivante, ainsi que l'a démontré Spallanzani.

On ne sait pas encore quel composé résulte de la fixation de l'oxygène aux substances organiques ; on ne sait pas en quoi les caractères de l'espèce se trouvent changés par suite de cette addition de l'oxygène.

C'est par suite de cette incertitude qu'il a été admis que cet oxygène se combine au carbone de ces substances, le brûle, pour faire de l'acide carbonique; car il se dégage en effet, pendant cette absorption d'oxygène, une quantité proportionnelle de gaz carbonique. Mais dégager de l'acide carbonique est une propriété de toute matière organisée qu'elle manifeste même dans le vide ou au contact de l'azote et de l'hydrogène, avec autant d'intensité que dans l'oxygène, ainsi que nous le verrons plus loin en parlant, à propos de l'acide carbonique, des expériences de Spallanzani.

On sait, de plus, que chez les animaux la quantité d'oxygène absorbé est plus grande que la quantité de cet élément que renferme l'acide carbonique rejeté. Pour se rendre compte de la disparition de cet excès d'oxygène, on est obligé de supposer la combustion d'autres corps, d'après ce simple fait que ces hypothèses peuvent rendre raison de ce qui a lieu, mais sans rien apporter d'expérimental à l'appui. On a préféré encore faire ces hypothèses, parce que l'expérience de Spallanzani ne montre pas quelles sont les espèces nouvelles de composés qui résultent de la fixation de l'oxygène par les substances organiques ; pour la combustion, au contraire, les résultats de la combinaison se trouvent nettement déterminés dans la généralité des cas chimiques, d'où résultent une simplicité et une rigueur scientifique apparentes quand on suppose qu'il en est de même dans les conditions organiques spéciales dont nous parlons.

Mais l'anatomiste, qui voit d'une part entrer de l'oxygène

et beaucoup d'autres espèces de corps; qui, d'autre part, en voit sortir de plus nombreuses encore; puis qui, entre ces deux extrêmes, voit s'opérer beaucoup d'actes chimiques tant indirects que directs, se contente de chercher quels sont les changements apportés aux substances organiques par cette fixation d'oxygène; il se borne à observer quelles sont les espèces qui sortent, puis par quels passages successifs d'une espèce à une autre on arrive à ces dernières, en partant des matériaux qui entrent. Mais comme il sait expérimenter sur les corps organisés morts et vivants, il sait attendre les résultats, et y arrive par des approximations successives, sans avoir besoin de se leurrer par des hypothèses chimiques dont la simplicité est trompeuse; car dans leur rigueur absolue elles ne peuvent nullement se mouler sur la réalité, et dès qu'on veut en tirer parti pour quelque application à nos besoins on est déçu de ses espérances; l'appui qu'on pensait trouver en elles s'écroule.

Sachons donc nous borner pour le présent et nous contenter des résultats obtenus par Spallanzani : 1° absorber de l'oxygène est une propriété de toute matière organisée, et même des substances organiques, comme la fibrine et autres principes voisins; 2° rejeter de l'acide carbonique est une autre propriété de toute matière organisée, qu'elle manifeste même dans le vide. Et nous verrons, chemin faisant, le parti positif qu'on en peut tirer, quand nous aborderons l'histoire de chaque principe. Nous finirons par voir que la masse des principes qui sortent est proportionnelle à celle des matériaux qui entrent. Nous verrons qu'en se bornant à constater les propriétés de chaque espèce de principes, on arrive à se rendre compte de leur formation et de leur destruction, en tant qu'espèce, d'une manière plus régulière et aussi complète, qu'en essayant de renverser d'un seul coup la difficulté trop réelle du sujet par une hypothèse importée de la chimie dans la biologie, sans s'inquiéter des dispositions anatomiques réelles. Le résultat sera plus long et plus difficile à obtenir, mais plus exact, et pourra servir d'appui à l'expérimentation.

Marchand a fait voir qu'en faisant traverser du sang préalablement privé d'acide carbonique par de l'oxygène, il se forme de nouveau du gaz carbonique, dû, suivant lui, à une oxydation de la fibrine (1). Cette expérience devra être reprise avec un liquide ne contenant que des globules, puisque même seuls ils absorbent de l'oxygène. Il faudrait les faire traverser par un courant d'oxygène, voir s'il se forme de l'acide carbonique, calculer le poids de carbone de celui-ci pour constater s'ils ont été privés d'une partie du leur.

Le sang, au sortir du poumon, ne contient plus ou presque plus du sucre qui dans le foie s'est mêlé à lui; il a sans doute subi la catalyse lactique. Y a-t-il une portion de l'oxygène employée pour faire de cet acide lactique, immédiatement combiné à des bases, de l'eau et de l'acide carbonique? Le fait est admis par plusieurs chimistes (2), mais on ne sait pas encore si l'acide lactique des lactates se combine facilement à l'oxygène. Il resterait à disposer des expériences dans le but de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse, qui est possible, mais n'est pas encore démontrée.

Il se peut encore que l'oxygène se combine aux corps gras du sang, comme il le fait avec les mêmes corps extraits de l'organisme, et que ce soit ainsi que se *brûlent* ces principes; mais ce n'est pas là le seul mode de disparition de l'oxygène. Il y a trop peu de ces substances dans le sang pour qu'elles puissent suffire à fournir du carbone à tout l'oxygène qui sort à l'état de gaz carbonique. C'est, du reste, encore par hypothèse qu'on admet cette combustion des corps gras.

708. — Ainsi, *en résumé*, l'oxygène est dissous par les globules du sang, et remplacé au dehors par une quantité d'acide carbonique équivalente en moyenne à un quart près chez l'homme. Mais il n'y a pas la moindre connexion chimique immédiate entre ces deux phénomènes. Cet oxygène se combine ensuite à des substances organiques dont nous ne

(1) MARCHAND, *Journal für prakt. Chemie*, 1847, t. XXXV, p. 385.

(2) DUMAS, *Leçons sur la statique chimique des êtres organisés*. Paris, 1841, in-8°.

connaissons pas les espèces; il en résulte la formation d'autres principes qui sont sans doute du nombre de ceux extraits du corps, mais nous ne savons au juste lesquels. Probablement ils sont nombreux. Mais rien ne prouve qu'il y ait formation immédiate d'acide carbonique au moment de cette fixation de l'oxygène à l'état de combinaison. On a pris la coïncidence comme indiquant une relation directe d'effet à cause, qui n'existe pas, ce que les progrès de la physiologie montrent chaque jour. Nous verrons en effet, plus tard, que M. Regnault a constaté que c'est surtout sous l'influence du régime alimentaire que varie la proportion d'acide exhalé. La quantité d'oxygène dissous pendant la respiration restant la même, celle de l'acide carbonique rejeté dans le même espace de temps peut devenir égale ou même plus grande que celle du premier de ces corps; en sorte qu'il sort du corps, à l'état d'acide carbonique, plus du corps simple appelé oxygène qu'il ne pénètre de cet élément. C'est chez les animaux nourris d'amylacés et de graines que s'observe ce fait; et si on les prive d'aliments, la quantité d'acide carbonique rejeté devient proportionnelle à celle de l'oxygène comme chez les carnivores, mais toujours dans le rapport de 0,75 d'acide pour 1 d'oxygène.

Ainsi nous ignorons encore tout ce qui se passe entre le fait de dissolution de l'oxygène par les globules, et celui de sortie de l'acide carbonique de ces mêmes globules quand pénètre l'oxygène.

Rôle dynamique, ou actes que présente l'oxygène dans l'économie.

709. — Le rôle que joue l'oxygène dans les bronches est purement mécanique. Dans les terminaisons bronchiques il pénètre par endosmose au travers des parois des capillaires; fait d'endosmose qui a lieu de la part de l'oxygène au travers de toutes les membranes humides.

Dans le sang, l'oxygène devient liquide; il se dissout. Ce sont les globules qui le dissolvent, ainsi que nous l'avons vu; la quantité prise par le sérum est insignifiante. Les globules prennent l'oxygène avec une énergie extrême; ceux qui occupent la surface du liquide sanguin s'emparent de

tout l'oxygène de l'air, et ne laissent parvenir à ceux qui sont placés au-dessous d'eux qu'une liqueur impropre à les artérialiser (1).

Cet oxygène a pour effet de leur conserver leur élasticité, leur fermeté; il les empêche ainsi de traverser le filtre de papier. Privé de ce gaz, ils deviennent mous et diffluents. Il faut du reste, pour cela, qu'ils soient placés dans le sérum ou des sels qui ne les altèrent pas : tels sont les sels alcalins neutres, moins les chlorures. En même temps il donne instantanément aux globules toute l'intensité de leur coloration vermeille. Ce fait est dû en partie à l'expulsion de l'acide carbonique par l'oxygène, car les globules deviennent déjà un peu plus rouges par simple expulsion de cet acide à l'aide de l'azote, etc.; mais il est dû surtout à la présence de l'oxygène, car le sang artériel contient plus d'acide carbonique que le sang veineux ; en même temps aussi il contient bien plus d'oxygène (2). C'est ce qu'on appelle artérialisation des globules ou du sang.

710. — Aux phénomènes de dissolution et de combinaison de l'oxygène dans l'économie correspondent des phénomènes d'élévation de température. D'après Marchand (3), toutes les fois que le sang dissout de l'oxygène, sa température s'élève de 1 degré.

Toutes les fois qu'il y a diminution de la quantité d'oxygène absorbé on voit peu à peu la température du corps s'abaisser, et réciproquement ; il y a, en un mot, une certaine corrélation entre ces deux phénomènes. Aussi lorsque Lavoisier eut fait connaître qu'il y a dans le poumon absorption d'oxygène avec exhalation d'acide carbonique, faits caractéristiques de la combustion, il parut bien évident que la production de chaleur dans le corps était le résultat de cette combustion. Il ne faut, par conséquent, pas être étonné de voir la plupart des auteurs s'efforcer de montrer que la quantité d'oxygène absorbé en un temps donné, en la supposant brûler avec du carbone et de l'hydrogène, produirait une quantité de chaleur suffisante pour maintenir le corps à la température de 37 degrés pendant le même temps.

711. — Nous avons vu que, par suite de la propriété dont jouissent les substances organiques de rejeter de l'acide carbonique lorsqu'elles sont dans l'azote ou l'hydrogène aussi bien que dans l'air, on ne sait pas si c'est au carbone que se combine l'oxygène qu'elles absorbent.

La nature de l'acte chimique qui a lieu lors de cette combinaison ne peut donc pas être déterminée, à moins de vouloir donner le nom de combustion à tous les actes moléculaires dans lesquels il y a combinaison de l'oxygène à un autre corps. Peu importe, du reste, sur ce point de

(1) Dumas, *Recherches sur le sang* (*Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1846, t. XXII, p. 908).

(2) Magnus, *Annalen der Physik und Chemie*, 1837.

(3) Marchand, *loc. cit.*, 1847.

détail. On sait que l'absorption d'oxygène donne lieu à un dégagement de chaleur ; sa fixation ou combinaison aux substances organisées amène toujours une élévation de température.

La quantité de chaleur ainsi développée par la masse d'oxygène fixée chaque jour est-elle proportionnelle à celle que nécessitent chaque jour l'évaporation de l'eau qui s'échappe du corps, le passage à l'état gazeux de l'acide carbonique dissous dans le sang, et à la quantité que nous cédons chaque jour aux corps ambiants? En d'autres termes, la quantité de chaleur produite chaque jour par l'organisme est-elle uniquement le résultat de la combinaison de l'oxygène au carbone et à l'hydrogène, par exemple ?

Il y a une relation entre la quantité de chaleur produite dans l'économie et celle d'oxygène consommé. La démonstration de ce fait se trouve dans les variations que la quantité absorbée de ce gaz subit, selon que les circonstances l'exigent pour entretenir la constance de la température propre. Ainsi, dans des temps égaux, la quantité d'oxygène consommée par le même animal est d'autant plus grande que la température ambiante est moins élevée. Elle est également plus grande quand l'azote de son atmosphère est remplacé artificiellement par de l'hydrogène, dont le pouvoir refroidissant relatif est beaucoup plus considérable que celui du premier. C'est pour cela encore, dit M. Regnault, que les animaux de même classe consomment dans un temps donné une quantité d'oxygène d'autant plus grande relativement à leur masse qu'ils sont plus petits ; la déperdition de chaleur par leur surface externe étant proportionnellement beaucoup plus considérable dans les petits que dans les gros. Par exemple, la consommation de l'oxygène calculée pour 100 grammes de la substance du corps est dix fois plus forte chez les moineaux que chez les poules. Ainsi donc il est incontestable qu'il y a une relation entre la quantité de chaleur produite dans l'économie et celle d'oxygène consommée ; mais cela indique seulement qu'il y a une relation entre cette quantité de chaleur produite et le mouvement d'entrée et de sortie des principes immédiats, dont l'oxygène est un, l'acide carbonique un autre, etc., etc. Car il est bien certain que si l'on prenait tout autre principe, que s'il y avait d'autres espèces aussi faciles à suivre dans leurs différents actes, on trouverait aussi cette relation entre la quantité de chacune d'elles produite ou consommée et la quantité de chaleur dégagée. Mais quant à vouloir conclure de la corrélation précédente que toute la chaleur produite est due à une combustion d'oxygène, il est facile de voir qu'on ne saurait s'arrêter à un point de vue si étroit, qui ne prend en considération qu'un seul principe immédiat. Cela veut dire que, pour entretenir la constance de la température propre, il faut que tous les principes, et non pas l'oxygène seul, pénètrent en plus grande proportion ; il faut que tous les principes sortent en plus grande proportion, et non pas seulement l'acide carbonique.

Nous conclurons, en un mot, à cet égard, avec M. Regnault, par les mots suivants : « On a admis, pendant longtemps (et beaucoup de chimistes admettent encore), que la chaleur dégagée par un animal dans un temps donné est précisément égale à celle que produirait, par une combustion vive dans l'oxygène, le carbone contenu dans l'acide carbonique produit et l'hydrogène qui formerait de l'eau avec la portion de l'oxygène consommé qui ne se trouve pas dans l'acide carbonique. Il est très probable que la chaleur animale est produite entièrement par les réactions chimiques qui se passent dans l'économie ; mais le phénomène est trop complexe pour qu'on puisse le calculer d'après la quantité d'oxygène consommé (1). »

712. — L'oxygène dans le sang est une des conditions d'existence des animaux. Sans lui ils meurent. Mais l'azote de l'air est aussi une condition d'existence ; car l'oxygène pur ne peut suffire à la respiration ; bien qu'il ne cause pas une inflammation des poumons, comme on l'a cru, en raison de la prétendue combustion pulmonaire par l'oxygène, il finit par causer de l'agitation et du malaise, une accélération du pouls. Du reste, les expériences à cet égard n'ont pas été faites d'une manière très suivie, très régulière ; les résultats obtenus varient suivant les espèces animales.

L'azote de l'air est bien une condition d'existence aussi ; car si on le remplace par une égale quantité d'hydrogène, les animaux tombent dans la somnolence et l'assoupissement (2). Du reste, aucun symptôme morbide ne se manifeste, mais il reste à voir quelles sont les modifications principales qui surviennent dans les phénomènes de nutrition, etc. Déjà MM. Regnault et Reiset ont vu des animaux vivre longtemps sans malaise apparent dans de pareilles atmosphères et les produits de la respiration ont été les mêmes que dans l'air (3).

713. — Si nous considérions les phénomènes de chaleur, lumière, électricité présentés par les animaux, comme dus à un fluide, fût-il impondérable ; si son existence, au lieu d'être simplement admise par hypothèse, était constatée, nous devrions étudier ces fluides au même titre qu'un principe quelconque. Nous devrions étudier la chaleur dégagée dans le corps au même titre que nous étudierons bientôt l'acide carbonique qui s'y forme. C'est-à-dire que nous l'étudierions comme un *produit résultat* de l'action mutuelle d'un ensemble de substances. Mais comme le degré plus ou moins élevé de température n'est qu'un état des corps personnifié sous le nom de *fluide calorifique*, *calorique*, *chaleur*, etc.;

(1) Regnault, *Cours élémentaire de chimie*, in-18. Paris, 1850, t. II, p. 868.

(2) Allen et Pepys, *Philosophical transactions*, 1808, p. 269, et 1809, p. 410. — Berzelius, *loc. cit.*, 1838, p. 556, expérience sur une jeune fille.

(3) Regnault, *Cours élémentaire de chimie*, in-18, 1850, p. 868. — Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848, p. 26.

comme dans l'économie l'élévation de température n'est pas une *production* de quelque chose, mot qui veut dire *formation* ou *naissance* d'un corps; comme c'est simplement un état de ces corps résultant de l'action mutuelle de toutes les parties qui les constituent les unes sur les autres, nous n'aurons pas à en traiter d'une manière spéciale.

714. — Ici serait le moment d'indiquer les procédés à suivre pour étudier l'oxygène dans le poumon et le sang, mais il est inutile de le faire, car ils ne présentent rien de différent de ceux suivis pour l'analyse des gaz. Les particularités relatives aux soins à prendre pour les recueillir sont très simples ; elles varient suivant le but qu'on se propose et se trouvent suffisamment étudiées dans les traités de chimie.

Historique.

715. — Il ne nous reste, pour terminer, qu'à voir par quelles phases successives nos connaissances sur l'oxygène étudié dans l'organisme ont passé pour arriver où elles en sont maintenant.

Mayow (1), le premier, observa que l'office des poumons était de séparer de l'air, et d'unir à la masse du sang des particules d'un certain genre nécessaires à l'entretien de la vie, qu'il appelle *nitro-aériennes*, et l'air qui sort des poumons est privé de ces particules. Il appelle ces particules *nitro-aériennes*, parce que ses expériences lui ont montré que le sel de nitre tire son origine, partie des matières terrestres, partie de l'air ; parce que le nitre excite la combustion par cette portion *ignéo-aérienne* ou *nitro-aérienne*, laquelle aussi est celle qui donne à l'esprit de nitre sa nature caustique (p. 10 à 16), et au feu sa vertu destructive (p. 21). Ces particules *ignéo-aériennes* existent dans l'esprit acide du nitre, et constituent sa partie aériforme. Ces particules *ignéo-aériennes*, *nitro-aériennes*, ou du *sel ignéo-aérien*, ne sont ni acides, ni fixes (p. 19). La flamme doit sa forme principalement à cet *esprit nitro-aérien* mis en mouvement. Ces particules nitro-aériennes ne sont pas moins nécessaires que les particules sulfureuses pour activer le feu (p. 25). L'antimoine acquiert la vertu diaphorétique aussi bien par la flamme du nitre dans lequel les particules *nitro-aériennes* sont agglomérées avec plus de densité, que par l'esprit de nitre et les rayons solaires rassemblés à l'aide d'un miroir brûlant. En acquérant cette vertu, l'antimoine augmente de poids, ce qui, dans tous ces cas, ne peut venir que des particules nitro-aériennes qui se sont fixées à lui pendant la calcination, et non des particules sulfu-

(1) J. Mayow, *Tractatus quinque medico-physici*. Oxonii, in-12, 1674. — Ouvrage réédité avec ce titre : J. Mayow, *Opera omnia medico-physica, tractatibus quinque comprehensa*. Hagæ comitum, in-18, 1681, p. 119, 133, 138, 264, 266. Les traités *De respiratione* et *De rachitide*, in-8°, avaient été publiés à part à Oxford en 1668, et à Leyde en 1771.

reuses de l'extérieur, comme le veut l'opinion vulgaire (p. 24, 25, 26). Les liqueurs acides distillées du bois viennent de ce que l'esprit nitro-aérien se combine intimement avec les parties sulfurées du bois (p. 33). La rouille du fer paraît être produite par l'action des particules *nitro-aériennes* avec le soufre du fer métallique (p. 35). Le vinaigre est produit aussi par l'action de l'esprit nitro-aérien (p. 35, 36). Ces particules *nitro-aériennes* de Mayow ne sont autres, comme on voit, que celles de l'oxygène. L'air qui se trouve enfermé dans un vase où il y a du fer suspendu au-dessus d'un vase plein de l'esprit de nitre perd sa force élastique, car l'eau monte quand le fer s'altère (p. 120). L'air inspiré cède au sang ses particules nitro-aériennes, et il perd de la même manière son élasticité, ainsi qu'on le voit en mettant un animal sous une cloche qui baigne dans l'eau ; celle-ci monte bientôt, et l'air devient impropre à la respiration (p. 129). Cet esprit nitro-aérien, mêlé aux parties sulfuro-salines du sang, excite en lui la fermentation vitale (p. 129). Le changement du sang noir ou veineux en sang rouge, qui est l'artériel, comme l'a observé Lower dans ses vivisections, tient moins à l'alternation du sang dans le poumon qu'à son mélange avec l'air ; car le sang de la surface d'un vase qui en est plein devient rutilant (p. 13). L'incalescence du sang vient de la combinaison des parties nitro-aériennes avec les parties sulfuro-salines du sang (p. 133). Les animaux s'échauffent par l'exercice, parce que cela excite de violents et nombreux mouvements respiratoires, d'où résulte introduction de davantage des parties nitro-aériennes (p. 134).

La fièvre naît de ce que trop de particules nitro-aériennes ayant pénétré dans le sang, l'effervescence devient trop forte. L'ulcère du poumon amène la fièvre hectique, parce que les particules nitro-aériennes, mêlées au pus, déterminent une effervescence avec chaleur (p. 140). Il n'y a, pour cette fermentation des parties nitro-sulfurées, aucun ferment dans le cœur, mais l'esprit nitro-aérien seul (p. 264). Le sang de l'embryon, porté au placenta par les artères ombilicales, y est imprégné non seulement de suc nourricier, mais des particules *nitro-aériennes*. En sorte que le placenta est non pas un foie, mais bien plutôt un poumon utérin (p. 279).

Priestley (1) pensait d'abord que le sang cédait à l'air du phlogistique ; il reconnut ensuite que *l'air déphlogistiqué* (oxygène), introduit dans le poumon, diminuait de quantité à chaque inspiration.

Lavoisier démontra qu'il n'y a que *l'air vital* d'absorbé pendant la respiration, et pas d'azote, contrairement à ce que voulait Priestley. La décomposition de cet air vital donne lieu à la production de chaleur animale, d'eau et acide carbonique (2).

(1) PRIESTLEY, *Experim. and observat. of different kinds of air*, 1775, 1786, vol. II, p. 250.

(2) LAVOISIER, *Expériences sur la respirat. des animaux, et sur les chan-*

Lavoisier chercha ensuite à déterminer la quantité d'oxygène absorbé, et émit l'opinion que toutes les substances expirées se forment dans le poumon ; c'est là où ont lieu tous les changements subis par l'air. Celui-ci n'est pas absorbé par le sang, mais il se combine dans le poumon avec l'hydrogène carboné que laisse exhaler le sang, d'où formation d'eau et d'acide carbonique. Les expériences de Lavoisier et Séguin, faites de 1790 à 1792, et publiées de cette époque jusqu'en 1814, les conduisirent à admettre que nous consommons 1600 pieds cubes d'air vital par heure. De cette quantité, 8,6 pieds cubes sont employés à former de l'acide carbonique, et 13,6 pieds cubes à former de l'eau. Il se dégagerait un volume d'acide carbonique égal à celui de l'oxygène absorbé. Le poids de l'eau formée serait de 1 livre 7 onces 5 gros 20 grains. Ils comparent la respiration à une combustion lente ; le combustible vient du sang (1).

Menzies pensa avoir prouvé que la quantité d'oxygène absorbé est en raison directe de celle d'acide carbonique exhalé et de chaleur produite. Il détermina aussi les quantités d'air inspiré et expiré dans chaque mouvement (2).

On trouve dans un mémoire d'Hassenfratz (3) la théorie suivante, proposée par Lagrange et adoptée par le premier. Ils pensent que l'oxygène qui disparaît se combine avec le sang pendant que celui-ci traverse les poumons. C'est au moment où s'opère cette combinaison que se dégagent l'acide carbonique et l'eau qui résultent de l'union de l'oxygène au carbone et à l'hydrogène du sang. Hassenfratz fut le premier à conclure de ses propres expériences, que c'est pendant la circulation, et non dans le poumon même, que l'oxygène se combine au carbone et à l'hydrogène. Suivant Gren (4), c'est par l'union de l'oxygène à l'hydrogène que se forme l'eau que nous expirons, laquelle est toute de nouvelle formation. Goodwin conclut de ses expériences, que dans la respiration une certaine quantité

gements qui arrivent à l'air en passant par leurs poumons (*Mémoires de l'Acad. des sciences*, 1777, p. 185 ; *Mémoires de la Soc. de médecine de Paris*, 1782, 1783, et 1789, p. 569). — Lavoisier et Séguin, *Mémoire sur la respirat. des animaux* (*Mémoires de la Soc. de médecine*, 1789, p. 566, et 1791, p. 318). — Lavoisier et Laplace, *Mémoire sur la chaleur* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1780, p. 355.

(1) Lavoisier et Séguin, *Mémoire sur la respiration et sur la chaleur animale*, lu en 1790 (*Ann. de chimie*, 1795, t. XXI, p. 225). — Lavoisier et Séguin, *Second mémoire sur la respiration*, lu à l'Acad. des sc. de Paris, le 21 février 1792 (*Ann. de chimie*, 1791, t. XCI, p. 318).

(2) Menzies, *Tentamen physicum inaugurale de respiratione*. Edimb., sept. 1790, et *Ann. de chimie*, 1791, t. VIII, p. 211.

(3) Hassenfratz, *Mémoire sur la combinaison de l'oxygène avec le carbone et l'hydrogène du sang* (*Ann. de chimie*, 1791, t. IX, p. 201).

(4) Gren, *Expériences sur la respiration* (*Ann. de chimie*, 1796, t. XXIV, p. 196.

d'oxygène est enlevée à l'air et se trouve remplacée par une quantité égale d'acide carbonique (1). Ce fut aussi là le résultat des expériences de Spallanzani, qui observa que toutes les parties des êtres organisés, morts comme vivants, absorbent de l'oxygène, même celui qui est dissous dans l'eau, et à l'air par l'intermédiaire de l'eau, quand on place dans un tube un fragment de tissu animal recouvert d'une couche d'eau (2).

Allen et Pepys ont donné des chiffres peu différents de ceux indiqués plus haut, et ont cru que l'oxygène absorbé était juste égal en volume à celui de l'acide carbonique rejeté, d'où ils nient la combustion de l'hydrogène (3). Ils ont vu (4) aussi que pendant le sommeil il y a moins d'oxygène consommé, et moins d'acide carbonique expiré, que pendant qu'on prend de l'exercice. C'est Davy (5) qui le premier a fait voir qu'il y a de 3 à 4 1/2 pour 100 d'acide carbonique rejeté. Nombre d'auteurs sont venus depuis confirmer ce résultat sans rien ajouter d'important.

Dulong, le premier (6), montra que dans l'air il y a moins d'acide carbonique rejeté que d'oxygène absorbé, et que la différence s'élève à un cinquième, en général, et quelquefois à la moitié chez les carnivores, et à un dixième chez les herbivores. Allen et Pepys observèrent, en 1827, des faits analogues en expérimentant avec l'oxygène pur. M. Despretz arriva au même résultat que Dulong (7). Enfin, MM. Regnault et Reiset ont donné plus de précision à ces résultats en montrant que chez les chiens, sur 182gr.,28 d'oxygène consommé en vingt-quatre heures, il y en a 185gr.,96 d'acide rejeté, ce qui, pour 100 grammes, donne 74gr.,191 d'oxygène contenus dans cet acide carbonique, et 25gr.,809 restés dans l'économie, et combinés à d'autres principes pour être rejetés autrement; ainsi il n'y a que les trois quarts de l'oxygène qui soient rejetés à l'état d'acide carbonique, l'autre quart s'en va autrement. Chez les lapins, sur 116gr.,29 d'oxygène consommé en quarante-deux heures, il y a 146gr.,49 d'acide carbonique produit; ce qui donne, pour 100 grammes d'oxygène consommé, 91 grammes contenus dans le gaz carbonique, et 8 à

(1) Goodwin, *La connexion de la vie avec la respiration*, traduct. franç. par J.-N. Hallé. Paris, 1798, in-8°.

(2) Spallanzani, *Mémoires sur la respiration*, traduits en français d'après son manuscrit inédit, par Sennebier. Genève, an xi, in-8°, p. 78-353.

(3) Allen et Pepys, *loc. cit.*, 1808. — *Bibliothèque britannique*, 1809, t. XLII, p. 195 et 306.

(4) Allen et Pepys, *Biblioth. brit.*, 1810, t. XLV, p. 334.

(5) John Davy, *An account of some experiments on animal heat* (*Philosoph. transact.*, 1814, vol. CIV, p. 590).

(6) Dulong, *De la chaleur animale* (*Ann. de phys. et de chimie*, 1824, t. I, p. 440). — Rapport sur ce travail par M. Thénard (*Journal de physiol.* de Magendie, t. III, 1823).

(7) Despretz, *Rech. expérim. sur la cause de la chal. anim.* (*Ann. de phys. et de chimie*, 1824, t. XXVI).

9 grammes seulement employés à d'autres combinaisons (1). Marchand (2) et Scharling (3) sont arrivés aux mêmes résultats : ce dernier pense qu'il n'y a pas d'autre source de chaleur animale que celle produite par la respiration, et pourtant de ses expériences il résulte qu'en supposant que l'acide carbonique et l'eau exhalés par la bouche et le nez aient été formés par combustion, ils n'expliquent qu'un cinquième de la chaleur développée par le corps humain.

Les expériences sur la présence de l'oxygène dans le sang ont naturellement été consécutives aux précédentes, à l'exception toutefois de celle de Humphry Davy, qui avait montré, en 1799 (4), qu'en chauffant le sang à 93 degrés, on en chasse de l'oxygène et l'acide carbonique. Mais le fait fut nié, quant à l'oxygène, par Vogel (5) et par Brande (6). Depuis lors, la plupart des observateurs ont contesté le résultat de H. Davy, jusqu'à l'époque où les recherches de Magnus ont fixé nos connaissances à l'égard de la quantité d'oxygène par des expériences d'une irrécusable exactitude (7), dont nous avons donné les résultats. Dès lors on admit, contrairement à ce qu'on supposait depuis Lavoisier, que ce n'est pas dans les poumons que l'oxygène se fixe chimiquement aux principes immédiats du sang, mais dans toutes les parties de l'économie où est porté le sang.

Les seuls faits positifs acquis à la science, depuis lors, sont relatifs à la dissolution de l'oxygène par l'hématine, et en très petite quantité par le sérum, fait dû à Berzelius (8), ainsi qu'à l'absorption très énergique de ce gaz par les globules (9).

Magnus a depuis vérifié ses premiers résultats, et montré que le sang dissout plus de dix fois autant d'oxygène que l'eau (10). Plus récemment, enfin, Marchand est encore arrivé au même résultat que Magnus (11).

(1) Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848.

(2) Marchand, *Journal für prakt. Chemie*, 1848, t. XLIV, p. 1.

(3) Scharling, *Journal für prakt. Chemie*, 1849, t. XLVIII, p. 435.

(4) H. Davy, *Rech. phys. et chim. sur l'oxyde nitreux et la respiration* (*Ann. de chim.*, 1802, t. XLI, p. 305; t. XLII, p. 33-276; t. XLIII, p. 97-324; t. XLIV, p. 43 et 218).

(5) Vogel, *De l'exist. de l'acide carbon. dans le sang* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1815, t. XCIII, p. 71).

(6) Brande, *On the exist. of carbon. acid in the blood* (*Philosoph. transact.*, 1818, p. 181).

(7) Magnus, *Ueber die im Blute erhartenen Gase, Sauerstoff, Stichstoff und Kohlensaüre* (*Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie*, 1837, t. XL, p. 538).

(8) Berzelius, *loc. cit.*, 1838.

(9) Dumas, *loc. cit.*, 1846.

(10) Magnus, *loc. cit.*, 1846.

(11) Marchand, *loc. cit.*, 1847.

Nous avons déjà dit comment Liebig a montré que si l'air renferme un excès d'oxygène, il se fixe aux globules et en chasse l'acide carbonique; mais si l'air renferme un excès de ce dernier, c'est au contraire l'oxygène qui est déplacé; enfin, lorsque ces deux gaz sont contenus dans l'air en une certaine proportion, ils se font réciproquement équilibre (1).

716. — Nous avons vu que l'oxygène se fixe aux substances organiques de l'économie et peut-être aux principes des matières grasses, ce qui est douteux. Cette combinaison de l'oxygène est un fait expérimental. Entre ce fait, celui de l'expiration de l'acide carbonique et celui du rejet de principes azotés cristallisables, il se passe beaucoup d'autres actes chimiques relatifs à l'assimilation et à la désassimilation de ces corps. Pour plusieurs de ces actes nous manquons de la démonstration expérimentale de leur nature chimique, et nous ne connaissons pas les espèces qui résultent de leur accomplissement. Seulement la plupart des actes chimiques observés dans l'organisme, la plupart des actes chimiques que présentent les espèces de composés qui en forment la substance, étant des actes chimiques dits indirects ou de contact, tout porte à croire que ceux dont la nature n'est pas déterminée expérimentalement sont également du même ordre. Les chimistes n'ont jamais pris en considération, au point de vue expérimental, que les faits extrêmes, absorption d'oxygène, exhalation d'acide carbonique; ils ont négligé les faits intermédiaires qui nécessitent une connaissance plus approfondie de l'organisme que celle qui leur est habituelle. A la place de ces faits qu'on ignorait encore, ils ont mis l'hypothèse de la combustion du carbone et de l'hydrogène par l'oxygène.

Nous avons vu que pendant fort longtemps tous les expérimentateurs ont admis l'hypothèse de Lavoisier, qui faisait simplement combiner l'oxygène au carbone et à l'hydrogène du sang, d'où acide carbonique et eau ; mais sans qu'on s'inquiétât de savoir à quels principes du sang étaient empruntés ce carbone et cet hydrogène. Il n'y eut de modifications apportées que celles des auteurs qui, comme Allen et Pepys, crurent trouver qu'il y avait autant d'acide rejeté que d'oxygène emprunté, et que, par conséquent, tout l'oxygène se combinait au carbone, et pas du tout à l'hydrogène.

Dans ces dernières années, les chimistes ont repris l'hypothèse de Lavoisier. Ils ont admis comme démontré, que l'oxygène se combinait directement au carbone et à l'hydrogène du sang pour faire de l'eau et de l'acide carbonique, d'après ce seul fait qu'il se dégage de l'acide carbonique plus de la chaleur par la respiration, et qu'on ne voit pas comment l'excès d'oxygène absorbé qui ne ressort pas du poumon à l'état d'acide carbonique pourrait disparaître autrement que par combinaison à l'hydrogène. Liebig s'ex-

(1) Liebig, *Nouv. lettres sur la chimie*, trad. franç., 1852, in-18, p. 87-88, etc.

prime ainsi sur ce sujet : « Il est aisé de dire ce que deviennent les 10 à 25 pour 100 d'oxygène qui semblent disparaître dans la respiration, si l'on songe que le corps des animaux ne renferme, outre le carbone et l'hydrogène, qu'une très petite quantité de soufre comme substance susceptible de se brûler, c'est-à-dire de se combiner avec l'oxygène. Sans aucun doute, la majeure partie sert à former de l'eau. On n'a qu'à se rappeler, pour en avoir la preuve, la disparition de la graisse, si riche en hydrogène, chez les individus qui souffrent de la faim, ou la disparition de l'alcool des boissons spiritueuses ingérées dans l'économie. » (*Loc. cit.*, p. 96, 1852.) Ils ont poussé cette hypothèse un peu plus avant, en cherchant à suivre l'oxygène dans le sang, pour voir à quels principes il emprunte du carbone et de l'hydrogène. Ils en ont indiqué quelques unes, et sans plus d'examen, sans expérience directe, autre que les analyses comparées des aliments introduits et celles des substances rejetées par les urines et les matières fécales, on n'entend plus parler que de *combustion* des principes gras, des principes azotés, etc., comme d'un fait des mieux démontrés. Non seulement ce sont les chimistes qui parlent des substances qui se *brûlent* par la respiration ; mais encore cette hypothèse a été adoptée par les médecins, et pour eux aussi *combustion* est devenu synonyme de *respiration*. Ni les uns ni les autres ne disent plus que l'adulte rejette une plus grande quantité d'acide carbonique pendant la respiration, en vingt-quatre heures, que l'enfant. Vous devrez dire, suivant eux, que l'adulte *brûle* plus de carbone que l'enfant. Ces expressions se conçoivent encore dans la bouche de ceux qui, n'ayant qu'une idée générale de la constitution de l'organisme, aussi bien des humeurs que des solides, ne peuvent, en fait d'hypothèses sur les actes, même nutritifs, qui s'y passent, que faire des suppositions ne se moulant sur la réalité que d'une manière fort éloignée. On peut les tolérer de la part des chimistes cherchant à expliquer à leur manière des actes dont ils ne connaissent qu'imparfaitement les conditions d'accomplissement. Mais ce qui peut être supporté de la part de ceux qui cherchent à appliquer de force les explications des phénomènes des corps bruts aux êtres organisés, ne saurait être pardonné à l'anatomiste, au physiologiste ni au médecin ; car ils connaissent, ou sont censés connaître l'état des parties où se passent ces actes, c'est-à-dire les conditions d'accomplissement de ceux-ci, jusque dans les plus minutieux détails.

Du reste, et naturellement, tous les chimistes ne sont pas parfaitement d'accord sur les principes auxquels se combine l'oxygène. En France, les chimistes, suivant en cela M. Dumas, le font se combiner :

1° Aux matières azotées du sang, albumine et fibrine ;

2° Aux graisses ;

3° Aux sucres, aux gommes et aux substances amylacées, passées à l'état de glucose ;

4° A l'acide lactique dérivant des corps précédents.

En Allemagne, la plupart des chimistes, avec Liebig, font combiner l'oxygène seulement aux matières suivantes :

Graisse.
Amidon.
Gomme.
Les diverses espèces de sucres.
Pectine.
Bassorine.
Vin.
Bière.
Eau-de-vie.

C'est d'après l'hypothèse que ces corps introduits dans l'économie sont brûlés par l'oxygène inhalé, qu'ils ont reçu le nom d'*aliments respiratoires*.

Ces corps sont, pour les chimistes, le *combustible*; l'oxygène est le *comburant*, la *combustion* a lieu dans le sang. Le produit de cette combustion est l'acide carbonique, de l'eau et le dégagement de chaleur.

Voici maintenant les preuves à l'appui de cette hypothèse. Si par hasard, en les lisant, vous vous étonnez qu'on ait pu s'appuyer aussi légèrement et admettre, sans plus d'examen, des choses aussi peu fondées, remontez aux sources comme nous, et vous verrez que nous exposons bien les choses telles qu'elles sont; et vous verrez combien ont été superficiels ceux qui, sans plus d'examen, ont admis comme démontrées ces suppositions, et ont appuyé sur elles des raisonnements relatifs aux actes physiologiques et pathologiques.

Si un homme perd 8 onces de carbone et une demi-once d'azote pris dans les aliments, il est impossible ou au moins difficile d'admettre que cette énorme quantité de matière détruite ait été véritablement assimilée; il est difficile de croire que ce travail immense et inutile dans l'organisme se soit effectué, car il faut bien entendre par assimilation, une fonction qui ferait entrer dans les organes de l'individu les principes qui les constituent. Dans l'hypothèse que nous exposons, disent les chimistes, ces principes n'y feraient qu'un séjour momentané, les procédés de la vie venant les reprendre ensuite pour les détruire. Il paraît donc plus probable que les matières détruites chaque jour pour l'entretien de la vie ne font, en grande partie du moins, que passer dans le sang à l'état pour ainsi dire inorganique. Dans les procédés de la respiration, une grande partie de ces matières, c'est-à-dire de celles que le sang charrie, agit comme combustible à l'égard de l'oxygène puisé dans les poumons; et le travail de l'assimilation proprement dite ne se passe, très probablement, que sur une petite quantité d'aliments ingérés.

Voilà le piédestal sur lequel repose l'hypothèse de la combustion.

Ne croyez donc pas que ce soit sur quelque chose de démontré expérimentalement.

C'est uniquement parce qu'il paraît plus probable que les 8 onces de carbone et la demi-once d'azote ont été brûlées plutôt qu'assimilées, puis rejetées ensuite sous forme d'acide carbonique et d'urée, qu'on admet qu'elles se combinent à l'oxygène directement. Ainsi, au lieu de rechercher

expérimentalement le nombre des principes, leur état, leur mode d'union réciproque, etc., c'est sur le carbone et l'azote qu'on raisonne ; ce qui est bien plus facile, plus brillant, mais bien plus loin de la réalité aussi. Parce que, sans avoir regardé ce qui se passe réellement, l'assimilation dans toute l'étendue de l'économie de cette quantité de matière paraît un *travail immense et inutile*, il sera admis que ce travail ne se fait pas et que c'est une combustion qui a lieu. Remarquez qu'au fond tout dérive de ce que l'assimilation et la désassimilation, au lieu d'être regardées chacune comme un des côtés d'une *propriété* fondamentale de toute parcelle de substance organisée, propriété appelée *nutrition*, l'assimilation, disons-nous, est appelée une *fonction*, un *procédé de la vie ;* de la vie qui, ainsi qu'on le voit, se trouve personnifiée, a ses manières d'agir, et à laquelle il ne manque plus que de donner des volontés et des caprices.

Partis de là, les chimistes ne trouvent plus rien de difficile à expliquer, ainsi que vous allez le voir ; et les physiologistes et médecins, heureux de se voir débarrassés des difficultés réelles du sujet, par des faits *si solidement* appuyés, ont hâte de les admettre ; et malheur à vous si vous osez déranger le système qui arrange si bien chacun, et favorise si bien notre paresse instinctive !

Partant de là, voyez comme tout est facile à expliquer.

L'acide carbonique, l'eau, l'ammoniaque expulsés par l'homme proviennent donc, en grande partie, de la combustion des produits rendus solubles par la digestion, et versés dans le sang, et non de la dissociation de la matière même de nos organes. En effet, dans les aliments de l'homme, par exemple, c'est l'amidon, le sucre qui prédominent ; or, ce sont là des aliments absolument impropres à l'assimilation (de cela on ne trouve nulle part la preuve). Convertis en produits solubles dans le sang et oxydables, ils sont entièrement consommés par la respiration proprement dite. Ainsi dans les aliments de l'homme, l'assimilation porterait tout au plus sur les matières azotées neutres et sur les matières grasses ; et nous allons voir qu'une portion considérable de ces produits lui échappe, et qu'elle se brûle directement dans le sang. Pour s'en convaincre il suffit d'approfondir ces faits.

Faisons remarquer, avant d'aller plus loin, que ces faits ne sont pas prouvés, et que, bien au contraire, en suivant le sucre dans la veine porte, le foie, etc., ainsi que les graisses, on les voit subir des changements d'espèces, des passages d'un état spécifique à un autre par des actes qui ne sont pas des combustions, et qui ont pour résultats de les rendre semblables au sucre et aux graisses, etc., existant déjà dans l'économie. (Voyez, relativement à la préexistence de la matière organisée, par rapport à tous les actes que nous observons en elle, ce que nous avons dit t. I, p. 572.)

Mais continuons et voyons ce qu'il faut entendre par : approfondir ces faits. Le sang, disent les chimistes, doit être considéré, relativement aux

matériaux solides de l'économie, comme une dissolution saturée de ces mêmes matériaux. Dès qu'il en perd une portion, il la remplace en puisant pour cela dans le réservoir que lui offre l'économie tout entière; de telle façon que si le sang se brûle sans être réparé par la digestion, il en résulte que l'économie tout entière doit être appauvrie, puisque c'est en elle que le sang trouve les matériaux à l'aide desquels sa réparation s'effectue. Les solides de nos organes se brûlent donc, non pas directement, mais par l'intermédiaire du sang où ils se dissolvent.

Dès lors tout prouve que la fibrine, l'albumine, le caséum, le gluten, la gélatine, fournis au sang par la digestion, se brûlent en grande partie directement; qu'il en est de même des matières grasses que nos aliments lui fournissent. L'excès seul de ces substances profite à l'assimilation. Quant aux matières végétales neutres, elles se brûlent tout entières, et l'excès, s'il y en a, s'échappe par les urines.

Ainsi vous aviez cru sans doute que les matériaux fournis par la digestion au sang, portés par celui-ci à toutes les parties du corps, servent à remplacer les principes qui, après avoir fait partie des solides, en sortent et sont rejetés surtout par l'appareil de l'urination. Nullement; vous brûlez ce que vous mangez, et l'excès seul va servir à l'assimilation. Puis, sans plus de preuves que ce qui précède, on va admettre que la dépense de force que peut faire l'animal est proportionnelle à la quantité de chaleur qu'il peut produire. On comprend bien que de là à comparer l'homme à une machine à vapeur, il n'y a pas loin, et c'est ce qu'on fait; sans songer que les solides, parties essentiellement actives dans les actes de locomotion et d'innervation, prennent et rejettent incessamment au sang des matériaux; ce qui caractérise la nutrition, laquelle, d'après l'hypothèse précédente, semble être presque nulle dans ces parties: comme s'il suffisait qu'elle fût remplacée, par leur maintien à une certaine température, à l'égal d'une chaudière de machine à vapeur.

N'est-ce pas là le plus haut degré de cette *physiologie de probabilité* sur laquelle Berzelius n'a cessé de revenir, et dont il disait, dans chacun de ses *Rapports annuels*, qu'il ne resterait bientôt plus rien. Voilà pourtant les faits sur lesquels s'appuie cette hypothèse de la *combustion*, que chacun adopte; et ce mot, mis à la place des choses qu'on ne sait pas, faute d'une étude assez approfondie, se répète incessamment, passe de bouche en bouche comme s'il exprimait une chose démontrée. Voilà les faits que l'on croit pouvoir autoriser à introduire dans les traités de physiologie un chapitre sur les *phénomènes de combustion* dans les êtres organisés; et dans tout cela nul ne tient compte des expériences de Spallanzani et de W. Edwards, qui montrent que dans l'azote et l'hydrogène, comme dans l'oxygène, les êtres morts ou vivants dégagent de l'acide carbonique.

Dans tout cela, nul ne se demande où le Lion, le Tigre, la Belette, le

Furet et tant d'autres carnassiers, prennent les matières amylacées qu'ils doivent brûler. Mais ils ont des matières grasses, direz-vous? Voyez-les se nourrir, et comparez la quantité de muscle et de sang qu'ils avalent à côté de la graisse; voyez celle de ces deux substances qu'ils préfèrent, et la réponse ne se fera pas attendre. Voyez si la quantité de graisse contenue dans le foie des poissons et mollusques dont se nourrissent les cétacés est comparable à la quantité de ce que prennent les ruminants et les pachydermes, et vous serez bientôt surpris de ne pas voir ces derniers, qui avalent tant de *combustible*, n'avoir pas une température plus élevée que les précédents, et ne pas faire une dépense de force plus considérable : puisque la force dépensée peut être proportionnelle à celle du combustible ingéré. Jetez en un mot les yeux sur l'ensemble des êtres vivants sur terre et dans l'eau, et sur leur température et sur leurs aliments, et vous verrez combien est mesquine et étroite cette hypothèse de la combustion, admise ainsi sans examen ; vous verrez ce qu'elle devient devant l'observation. Vous verrez ce que deviennent les idées de physiologie générale quand on veut les établir d'après l'examen de ce qui se passe dans deux ou trois espèces d'êtres; et cela sans tenir compte de tous les principes immédiats qui sont en jeu, de leur union réciproque pour former la substance des humeurs et des tissus; sans tenir compte minutieusement de la constitution de ces ordres de parties et des autres.

Nous pourrons maintenant achever rapidement, en examinant ce qui se rapporte à l'*oxydation* des substances azotées; car nulle part il n'y a de preuves plus convaincantes que les précédentes pour démontrer que l'oxygène se fixe au carbone et à l'hydrogène de ces corps pour faire de l'acide carbonique et de l'eau; partout ce sont des suppositions, basées sur ce qu'elles rendent compte du fait et qu'on ne voit pas comment les choses pourraient avoir lieu autrement.

On voit, disent les chimistes, qu'en général l'oxydation des matières organiques les ramène vers l'état minéral, et qu'*il doit en être ainsi dans la vie animale*, *puisque le phénomène chimique qui caractérise la vie animale est un phénomène d'oxydation* (notez que c'est là précisément ce qu'il s'agit de démontrer). Comme l'expérience prouve que l'urée se forme dans le sang et que le rein la rejette seulement, l'émonctoire principal de l'*azote* est le rein, qui *élimine ce corps sous forme d'urée.* On se demande pourquoi il n'est pas tenu compte aussi du carbone, de l'hydrogène surtout et de l'oxygène, rejetés en même temps que cet azote par l'urée. Mais pour en arriver de l'urée, qu'on trouve dans la vessie, au carbonate d'ammoniaque, il s'est passé un autre phénomène. Si l'on abandonne l'urine à elle-même, elle devient, selon les chimistes, le *siége d'une seconde vie, d'une fermentation.* (Voy. ce que nous avons dit, t. I, p. 479, 486, 487 et 527.)

C'est donc par une suite prolongée des phénomènes de la vie que la

transformation s'effectue. Prolonger *la vie*, c'est, en chimie, ramener *les matériaux dont elle fait usage* aux derniers termes de son action : eau, acide carbonique, ammoniaque. (Remarquez ici que toujours c'est la vie personnifiée qui est prise en considération, c'est elle qui fait usage des matériaux.) Il y a donc un acte de la vie générale qui se passe hors du corps de l'animal. La vie a un temps d'arrêt, *motivé sur ce que nos organes n'auraient pu résister à une sécrétion* de carbonate d'ammoniaque. *La* NATURE *a dû chercher les moyens de le fabriquer en dehors des animaux.*

Mais comment donc se fait-il qu'on en trouve dans l'eau de l'amnios? Par quoi a-t-on prouvé que nos organes, qui résistent à l'hydrogène sulfuré de l'intestin, à l'acide lactique, etc., n'auraient pu résister à une sécrétion de carbonate d'ammoniaque? Viennent ensuite les formules de l'urée et du carbonate d'ammoniaque, qui se plient avec la facilité ordinaire à l'explication de l'hypothèse, et même, bien mieux, de deux hypothèses : à la précédente d'abord; plus, à celle dans laquelle l'urée peut être considérée comme un cyanate d'ammoniaque. Et de tout cela on conclut ce qui suit :

L'examen que nous venons de faire prouve donc que la production de l'urée dans le corps d'un animal a lieu en vertu du même principe auquel se rattache la formation de l'acide carbonique et celle de l'eau. En un mot, l'animal produit toujours des corps oxydés : un oxyde d'hydrogène, un oxyde de carbone, un oxyde de cyanogène, un oxyde d'ammonium. C'est en ces corps que se résolvent tous les produits qui ont passé dans le sang et qui ont pris part au mouvement de la vie. Le poumon élimine, avec le concours de la peau, l'oxyde de carbone, c'est-à-dire l'acide carbonique. L'oxyde d'hydrogène, ou l'eau, partage le sort de l'eau de nos boissons. L'oxyde d'ammonium, qui aurait pu nuire à nos organes, est converti par l'oxyde de cyanogène en un produit soluble, dont les reins débarrassent l'économie. *Telle est la cause finale de la production de l'urée*; tel est son rôle dans les phénomènes de la vie.

Qu'est-ce donc que cette *chimie vivante*, ainsi qu'on l'appelle, sinon un raisonnement chimique à propos de phénomènes des corps organisés? Qu'est-ce, sinon une application de la chimie à une tentative de démonstration de la cause finale de la production d'urée, d'acide carbonique et de chaleur dans l'économie.

Mais des preuves démonstratives susceptibles d'entraîner une conviction pouvant résister au choc des passions, nulle ne s'y trouve. Nulle de ces hypothèses ne tient devant les faits; devant l'examen successif de chaque principe en particulier, fait sans cesser un instant d'avoir présente à l'esprit la notion de substance organisée formée par eux, d'organisme et de chacune de ses parties, ainsi que de tous les actes qui s'y passent.

Certainement oui, il y a relation entre la pénétration d'oxygène d'une part

et d'acide carbonique de l'autre, dans de certaines limites; comme il y a relation entre la quantité d'aliments introduits d'une part et celle de l'urine expulsée de l'autre, car le poumon, en raison de l'état gazeux des matériaux qui le traversent, prend et rejette à la fois; tandis que, pour les aliments solides et liquides, en raison de leur état physique aussi, il y a un appareil pour leur introduction et un pour leur sortie. Mais rien ne prouve qu'entre ces deux actes extrêmes l'oxygène se soit combiné à l'hydrogène et au carbone en particulier, plutôt qu'au soufre ou à l'azote. Les actes intermédiaires à ces deux extrêmes sont nombreux, et chaque principe passe par une succession d'états spécifiques nombreux.

Laissons donc la chimie française avec ses hypothèses si peu fondées, si éloignées de pouvoir s'appliquer sur la réalité, et pourtant si facilement et si superficiellement accueillies par les médecins. Voyons au contraire la chimie d'Allemagne. Peut-être croyez-vous que les reproches faits à toutes deux par Berzelius sont moins fondés pour cette dernière que pour l'autre; il n'en est pourtant rien. C'est, comme on va le voir, le *même point de départ*, c'est-à-dire la personnification d'une entité appelée *nature* ou *vie* qui opère sur des matériaux, des aliments; laquelle tient la place d'une notion approfondie et indispensable de l'*organisme*, envisagé depuis la substance organisée la plus simple jusqu'aux appareils, en passant par les éléments, les humeurs, les tissus, etc...

C'est le *même moyen* employé, c'est-à-dire une hypothèse chimique relative au mode de combinaison de l'oxygène dans l'économie; hypothèse appuyée sur cela seulement qu'elle peut rendre compte des faits extrêmes observés, et qu'on ne voit guère comment on pourrait s'en rendre compte autrement (ce qui n'est vrai que pour ceux qui n'ont pas cette connaissance approfondie de l'organisation nécessaire pour l'étude de quelque acte que ce soit qui se passe dans l'économie). C'est enfin le *même but*, c'est-à-dire démontrer chimiquement que la *cause finale* de cette combinaison de l'oxygène est la formation de composés qui, s'ils n'étaient pas formés et rejetés, nos organes ne sauraient durer longtemps; ce qui revient à dire que, si nous n'avions en nous et autour de nous ce qu'il faut pour exister, nous ne pourrions pas vivre. C'est l'étude des *causes finales* mise à la place de celle des *conditions d'existence*; c'est la recherche du *pourquoi* mise à la place de celle du *comment*; tandis que tout ce que nous pouvons faire à grand'peine, c'est d'arriver à savoir comment se passent les choses qui caractérisent notre existence, quelles en sont les conditions, afin d'arriver à l'améliorer en modifiant dans les limites du possible ces conditions-là.

Si maintenant vous vous demandez comment il se fait que les observations de Berzelius aient eu si peu d'influence sur la génération qui a adopté ces hypothèses, nous répondrons que Berzelius était chimiste aussi; or, du moment où il ne traçait pas nettement la marche à suivre pour

vaincre les difficultés réelles qu'offre l'étude de ces faits, savoir, l'étude anatomique des principes immédiats, chimiste pour chimiste, autant adopter les idées de celui qui présentait les choses de la manière la plus séduisante. Notez bien que tout cela n'incrimine en rien les chimistes, mais seulement ceux qui ont adopté sans examen leurs idées, et surtout les anatomistes qui n'ont pas compris qu'à eux seuls revenait de pousser l'analyse anatomique d'une manière convenable jusque dans ses dernières limites. Or, dès que les anatomistes ne le faisaient pas comme on sentait qu'il était indispensable de le faire, les chimistes l'ont fait à leur manière, c'est-à-dire en opérant et en raisonnant chimiquement à propos de corps organisés.

Les exemples qui le prouvent sont tous du genre des suivants, que nous pourrions multiplier facilement, ce qui est inutile, puisqu'ils répètent en d'autres termes ceux des chimistes français. Tout l'acte de la respiration, disent-ils, paraît être rendu parfaitement clair lorsque nous observons l'homme ou l'animal dans un état d'abstinence complet. Les mouvements de la respiration restent les mêmes; l'oxygène de l'atmosphère est toujours absorbé; il y a toujours exhalation d'acide carbonique et de vapeur d'eau. Nous savons avec une certitude qui ne permet pas le doute d'où résultent le carbone et l'hydrogène : ils viennent du corps de l'être, car nous voyons diminuer le carbone et l'hydrogène du corps de l'individu comme conséquence de la faim. Le premier effet de la faim, c'est la disparition de la graisse; mais cette graisse ne se trouve ni dans les excréments solides, qui sont alors peu abondants, ni dans les urines; son carbone et son hydrogène ont été évacués par la peau et par le poumon, sous forme de combinaisons oxygénées; il est évident que les parties constituantes de cette graisse ont servi à la respiration.

Autre exemple en sens inverse. La première condition pour que la graisse se forme, pour que les éléments combustibles des agents de la respiration se déposent dans le tissu cellulaire, c'est le *défaut d'oxygène*. Lorsqu'au contraire la quantité d'oxygène suffit à la transformation en acide carbonique et en eau du carbone et de l'hydrogène de ces aliments, ils sont évacués sous cette nouvelle forme et ne peuvent pas s'accumuler à l'état de graisse dans le corps.

Ce sont toujours des raisonnements de ce genre qui, pour les chimistes, prouvent que l'oxygène brûle, par combustion lente, le carbone et l'hydrogène des matières énumérées précédemment. Réfléchissez un peu aux cas d'obésité héréditaire et à mille autres cas d'engraissement et d'amaigrissement normaux et morbides, et vous verrez quel cas il faut tenir de ce défaut d'oxygène considéré comme première condition d'accumulation de la graisse. Voyez si en même temps il n'y a pas d'abord quelque chose de particulier, une propriété appartenant aux éléments ou vésicules adipeuses qu'il faut prendre en considération, plus un ralentissement de toutes

les fonctions comme de la respiration. De là à comparer l'organisme à une machine dont le poumon est la cheminée, le sang le foyer, et le foie le magasin, il n'y a qu'un pas ; comparaison qui repose sur une connaissance incomplète et fausse de l'économie animale.

Il n'est pas une question de détail qui n'exige, pour être exactement appréciée, et pour ne pas entraîner trop loin dans un sens ou dans l'autre, des vues d'ensemble justes, et il n'est pas une vue d'ensemble qui puisse être considérée comme exacte si elle ne coïncide avec les détails. De là une difficulté en biologie qui ne se présente pas dans les sciences inorganiques ; dans celles-ci, en effet, il n'y a pas, sur chaque espèce de corps, à considérer plusieurs ordres de parties et d'actes correspondants, différents par leurs complications, et présentant chacun plusieurs ordres de caractères.

Dans l'organisme, il y a juste les conditions d'existence de la nutrition ; la nutrition ayant lieu, le développement et la reproduction ont lieu, puis sur la végétalité repose l'animalité, sur celle-ci repose la socialité. Des actes de la vie de nutrition *résulte* la production de chaleur. Or la nutrition, dans chaque élément anatomique, est caractérisée par l'entrée et la sortie simultanée de principes immédiats.

Or, nous trouvons, pour l'organisme total, correspondants à ces actes élémentaires, l'appareil digestif qui *introduit* des solides et des liquides, et l'appareil urinaire, qui rejette des corps analogues. Par là se trouve établie une relation physico-chimique entre le milieu ambiant et l'organisme.

Nous trouvons, d'autre part, l'appareil respirateur qui introduit des aliments gazeux, et qui, en raison des propriétés physiques endosmotiques des gaz, qui ne traversent les membranes que par échange, le poumon, disons-nous, rejette aussi les gaz formés à l'intérieur, c'est-à-dire qu'il fait à lui seul pour les gaz ce que les deux appareils ci-dessus font pour les solides et les liquides.

Nous trouvons enfin l'appareil de circulation qui transporte. Tous sont autant de conditions d'existence des organismes un peu compliqués.

De tous ces actes résulte la production de chaleur ayant surtout lieu dans le sang, car c'est là principalement que se réunissent, molécule à molécule, tous les principes introduits ou devant être rejetés, par suite même de l'état liquide du sang et de la fonction surtout mécanique de transport en toutes régions, accomplie par l'appareil circulatoire.

Ce sont ces notions d'ensemble qui, méconnues par les chimistes et aussi par les médecins, leur ont fait croire que le *résultat* était le but ; que tout est disposé pour la production de chaleur, de telle sorte que la plus grande partie des matières introduites doit être, non pas assimilée, mais brûlée. C'est ce qui leur a fait voir, dans les appareils de respiration et de circulation, un appareil de production de chaleur sans lequel les *fonctions de la vie* cessent bientôt, comme le foyer de la machine à vapeur, sans lequel

tout le mécanisme s'arrête. Mais, dans l'organisme, la production de chaleur est un résultat de l'accomplissement de tous les actes propres aux êtres organisés, et non la cause ; tandis que dans la machine il n'y a d'actes moléculaires que dans le foyer, tout le reste est mécanico-physique, et ces actes-là sont le résultat de la production de chaleur, mais non la cause. Dans les deux cas il y a bien relation entre l'une et l'autre sorte d'actes, entre la production de chaleur et les effets mécaniques, etc. ; mais dans la machine les actes sont résultat direct de la production de chaleur, tout est mécanique, rien de moléculaire. Dans l'homme, au contraire, tout est moléculaire, et la production de chaleur en est un résultat ; si la nutrition est active, tous les autres actes, qui n'ont pas lieu sans elle, sont actifs aussi ; et le résultat total, la production de chaleur est grande. Dans la machine, ôtez la chaleur, plus d'actes ; dans l'organisme, ôtez les actes, dont le plus simple est la nutrition, et dès lors plus de chaleur. Si dans l'organisme, comme dans la machine, il y a relation entre la quantité de chaleur produite et celle de l'oxygène absorbé, c'est que là tout est en relation, tout se tient, tout se lie ; et en même temps qu'il y a plus de chaleur produite, plus d'oxygène consommé, il y a davantage de tous les principes éliminés, et réciproquement.

Nous avons vu précédemment quels sont, d'après Liebig, les *aliments respiratoires*, c'est-à-dire ceux auxquels l'oxygène se combine pour former de l'acide carbonique, de l'eau, et produire un dégagement de chaleur. Il admet que les substances qu'il appelle *plastiques*, savoir les substances azotées des aliments, ne prennent qu'une part fort restreinte dans la production de chaleur ; car ce qu'on ingère par jour est cinq à six fois trop peu pour suffire à la consommation de l'oxygène inspiré dans le même temps. De plus, les combinaisons azotées brûlent moins facilement que les autres. Leur faculté de se combiner avec l'oxygène est à la même faculté prise dans le sucre, la graisse, etc., comme l'oxydabilité de l'argent est à celle du fer. Si l'albumine s'altérait et se détruisait directement dans la circulation par l'oxygène inspiré, la petite quantité d'albumine que les organes de la digestion introduisent journellement dans le sang disparaîtrait très rapidement, et le moindre trouble dans les fonctions digestives mettrait promptement un terme à la vie. La vie organique serait impossible sans cette puissante résistance que les substances azotées, de préférence aux autres parties de l'organisme, opposent à l'action de l'oxygène. La sagesse du Créateur éclate dans toutes ses œuvres. Ce qui nous surprend le plus, dans les mystères de la création, c'est cette simplicité des moyens qui concourent au maintien de l'harmonie dans les choses créées, à la conservation de la vie dans les êtres organisés.

Remarquons pourtant que cette admiration pour la sagesse du Créateur, pour la simplicité des moyens qu'il emploie, témoignée juste à propos de ce qu'il y a de plus complexe dans tout ce que nous connaissons

et de plus difficile à connaître, est certes ce qu'il y a ici de plus étonnant. Les moyens eussent été plus simples encore, si, dans sa toute-puissance, le Créateur nous eût fait tels que le besoin d'aliments ne se fût pas fait sentir du tout, perfectionnement suprême que réalise dans ses rêves des félicités éternelles la théogonie chrétienne, afin de tout réserver aux satisfactions du cœur et de l'esprit.

Il est bien certain que cette manière mécanico-physique simple et facile peut plaire à ceux qui ne connaissent pas l'organisme dans tous ses détails, aussi sera-t-elle acceptée et jamais abandonnée par les chimistes, parce que leurs connaissances organiques ne vont pas plus loin : c'est une explication approximative qui est trop éloignée de la réalité pour que les anatomistes l'admettent ; car elle est plus éloignée de la réalité que ne l'exigent les connaissances actuelles.

Ce sont de ces idées simples qui font école jusqu'au moment du remplacement par une autre ; puis après avoir mis en avant cette idée simple, qui ne se moule pas sur la réalité, après avoir créé une explication fort éloignée des faits, on s'extasie devant la sagesse du Créateur ; sans voir qu'on est soi-même le créateur de la simplicité qu'on admire. Mais elle est fort éloignée de ce qui existe réellement, et qui n'offre autant de simplicité que parce qu'elle est loin de représenter ce qui est. Lorsque, quittant le point de vue trop général, ou mieux trop vague, où se placent les chimistes et les médecins qui les imitent, on cherche à voir si les détails sur lesquels ils s'appuient, relatifs à chaque principe, coïncident avec les généralités, on les trouve insaisissables. Pour eux « le sang artériel représente un courant d'oxygène qui, en circulant dans les vaisseaux les plus ténus du corps, détermine la formation de produits d'oxydation ou de combustion, parmi lesquels se trouve l'acide carbonique, et donne ainsi lieu à un dégagement de chaleur. » Mais nous avons vu que les rapports de dépendance qui existent entre l'absorption de l'oxygène et l'exhalation de l'acide carbonique ne sont pas aussi immédiats qu'on l'a souvent cru, puisque, suivant la nature végétale ou animale des aliments, la quantité d'oxygène absorbée restant la même, celle de l'acide carbonique peut varier entre 0,63 et 1,00. De plus, si l'on prend à part ceux qui considèrent l'urée et l'acide urique comme des produits d'oxydation qui se formeraient dans le sang, comment donc se fait-il qu'ils négligent la créatine, la créatinine, l'inosate de potasse qui se forme dans l'épaisseur du tissu musculaire. Combustion, oxydation, autant de mots répétés sans preuve, qui désignent des faits nets et tranchés en chimie, dont les conditions ne se retrouvent plus dans les corps organisés, si ce n'est comme accessoires, et qui, par conséquent, appliqués à ces corps-là, ne coïncident plus avec la réalité, et choquent celui qui est pénétré des détails minutieux de la constitution de l'économie ; détails plus minutieux que ne le croient les chimistes, mais dont le nombre et la nature sont loin d'être inabordables et

de faire croire qu'il est fort inutile de s'en occuper, et de faire croire qu'on ne pourra jamais faire autre chose que des hypothèses à leur égard. Ces idées-là sont bien de celles qui doivent être considérées comme rétrogrades en science.

Il est à remarquer, en terminant, que sous ce rapport, « c'est faire ici ce que l'on voit faire à propos de toute question physiologique ou anatomique qui n'est pas bien connue ; on commence toujours par se la figurer et la décrire comme elle n'est pas, d'après des exemples matériels et grossiers puisés dans une science traitant de phénomènes bien plus simples et inorganiques. Ce n'est que très tard qu'on finit par décrire les choses telles qu'elles sont, c'est-à-dire alors qu'on les connaît bien. C'est ainsi que longtemps la digestion n'a été qu'une opération chimique s'effectuant dans l'estomac et l'intestin comme dans une cornue, et pouvant être reproduite au dehors ; viennent les expériences et découvertes de notre collègue Cl. Bernard, et l'on reconnaît que la digestion s'opère dans l'intestin uniquement comme dans l'intestin, c'est-à-dire comme nulle part ailleurs, c'est-à-dire d'une manière spéciale, organique par conséquent. C'est ainsi que le larynx a été comparé à une anche, à un appeau, à un instrument à corde, etc. ; viennent les expériences de notre collègue, M. Segond, et l'on reconnaît que le larynx est un larynx, fonctionnant comme un larynx, et non comme autre chose : c'est-à-dire d'une manière spéciale, qu'il faut étudier à part pour ce qu'elle est, ayant ses lois propres dérivant des lois physiques, mais qu'il faut établir par expérimentation directe. Le larynx et l'estomac remplissent bien certaines conditions de physique et de chimie statique, accomplissent des actes élémentaires physiques et chimiques ; mais le résultat est tellement complexe, qu'il ne ressemble plus à aucun acte physico-chimique pur, et doit être pris pour ce qu'il est. Eh bien ! il en est de même pour les vaisseaux ; on les a comparés à toute espèce de conduits, sans les décrire en eux-mêmes pour ce qu'ils sont, et cela en grande partie faute d'avoir tenu compte absolument jusque dans les moindres détails de tout ce qui concourt à les former. Mais actuellement que l'on peut le faire, il faut laisser de côté ces comparaisons grossières et matérielles, qui n'expriment en aucune façon la réalité des dispositions anatomiques, pour décrire celles-ci et les prendre telles qu'elles sont, depuis les fibres ou les humeurs les plus complexes jusqu'à la substance homogène et aux plus fines granulations que nous montre le microscope (1). »

(1) Ch. Robin, *Rapport à la Société de biologie, par la commission chargée d'examiner les communications de M. Souleyet, relatives à la question du phlébentérisme*. Paris, 1851, in-8°, p. 123-124. (Extrait du tome III des *Comptes rendus et mémoires de la Société de biologie*, année 1851.)

CHAPITRE II.

DE L'HYDROGÈNE.

Synonymie : *air ou gaz inflammable ; hidrogène* (Fourcroy).

717. — L'hydrogène n'existe comme principe immédiat du corps animal que dans quelques circonstances. On en trouve, cependant, habituellement une très petite quantité dans les gaz expirés pendant la respiration normale (1). On en trouve aussi dans les gaz normaux de l'estomac, du côlon et du cœcum des suppliciés. Ces recherches sont dues à M. Chevreul (2). Il y en avait 3,55 pour 100 dans l'estomac ; de 5,4 à 11,6 pour 100 dans le côlon, et 7,5 dans le cœcum. Il y avait en même temps de l'hydrogène carboné, de l'azote, etc. Ces analyses ont été faites sur les gaz recueillis par M. Magendie dans les intestins de trois suppliciés.

Quand on fait une atmosphère artificielle avec de l'oxygène dans les proportions ordinaires et de l'hydrogène mis à la place de l'azote, l'animal qu'on y place n'est pas tué : ou bien il n'éprouve aucun malaise (3), ou bien il s'assoupit bientôt sans qu'il y ait de lésions produites, et l'hydrogène est absorbé dans les proportions de l'azote. Il déplace un volume de l'azote contenu dans le sang égal au sien (4). L'hydrogène de l'intestin se forme dans l'intestin même, ainsi que l'expérience le prouve, mais on ne sait par quelles réactions ou décompositions chimiques il se dégage. Une partie est rejetée par les gaz intestinaux ; quant à l'autre, on ne peut savoir où elle va ; peut-être s'en dégage-t-il par la peau. Collard de Martigny a en effet montré que cette membrane en laisse exhaler une petite quantité (5). Enfin nous avons vu qu'il s'en dégage un peu par le poumon ; il serait, en effet, difficile qu'il n'y eût

(1) Chevreul, *loc. cit.*, dans Magendie, *loc. cit.*, 1816.

(2) Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848, p. 23.

(3) Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848, p. 28.

(4) Allen et Pepys, *loc. cit.*, 1827.

(3) Collard de Martigny, *Journ. de chimie méd.*, 1827, t. III, p. 232.

pas échange endosmotique entre les gaz dissous dans le sang des capillaires intestinaux et ceux que contient à l'état gazeux le tube digestif (1).

Il existe aussi de l'hydrogène dans les gaz intestinaux des individus morts de maladies diverses, mais pas toujours (58 fois sur 69). Il y en a plus dans l'intestin grêle que dans l'estomac et le côlon. Moscati en a trouvé beaucoup dans le gros intestin, plus peut-être que dans les autres parties du tube digestif (2). Il y en a plus chez les sujets morts de maladies aiguës ou d'affections intestinales. Enfin la nature des aliments et des médicaments influe sur sa quantité. M. Chevillot a en effet trouvé qu'il y en a moins chez les individus qui ont pris des médicaments éthérés ou contenant des teintures alcooliques que chez ceux qui ont pris des substances différentes de celles-ci. Les individus amaigris en ont moins également que ceux qui sont morts en conservant un certain état d'embonpoint (3).

Il doit y avoir un peu d'hydrogène à l'état normal dans le sang, quoiqu'on n'en ait point encore trouvé. MM. Regnault et Reiset ont en effet observé qu'il s'en dégage un peu pendant la respiration (4); Enschut a, de plus, montré que le sang peut dissoudre une certaine quantité d'hydrogène (5).

Dans une seule des expériences faites sur le chien, disent MM. Regnault et Reiset, nous avons trouvé beaucoup d'hydrogène; il y en avait un peu plus de deux litres dégagés. Mais cela tient à ce qu'ayant donné double ration de viande à l'animal avant de le placer dans l'appareil, il vomit à plusieurs reprises; mais il reprenait et avalait immédiatement les matières rejetées. Au bout de quelques heures, il ne pa-

(1) MAISSIAT, *Études de physique animale*. Paris, 1843, in-4°, p. 224 et suiv.

(2) MOSCATI, *Della corpore differenze essenziali che passano fra la struttura de bruti, e la umana*, seconda ediz. Brescia, 1771, in-8°. — *Appendice al discorso delle corpore difference, etc., aggiunta alla*, seconda ediz. Brescia, 1777, in-8°.

(3) CHEVILLOT, *loc. cit.*, 1829.

(4) REGNAULT et REISET, *loc. cit.*, 1848.

(5) ENSCHUT, *Dissertatio de respirationis chemismo*. Utrecht, 1836, in-4°.

raissait plus souffrant. Le dégagement considérable d'hydrogène que nous avons trouvé dans cette expérience rend très probable que, dans la digestion, il se dégage une proportion considérable de ce gaz qui se brûle ensuite sous l'influence catalytique des humeurs ou des membranes (1). Ce résultat rend compte de la présence de l'hydrogène dans les gaz intestinaux à l'état normal, dans l'estomac du moins, et de plus comment il peut y en avoir d'expiré. Il est, du reste, probable que les réactions de ce genre peuvent se continuer au delà. Suivant M. Magendie, les matières intestinales, tenues à la température du corps dans un appareil convenable pour recueillir les gaz, en laissent dégager qui sont absolument les mêmes que ceux trouvés dans le tube digestif (2). L'hydrogène ne peut, du reste, être formé autrement que par des réactions de ce genre.

CHAPITRE III.

AZOTE.

Synonymie : *Mofète, mophète ou moffette; air phlogistiqué, septon.*

718.—L'azote est un principe immédiat qu'on trouve dans le poumon, dans le sang et dans les gaz intestinaux morbides ou normaux.

719. — On ne peut, pour les mêmes raisons énoncées en traitant de l'oxygène, calculer quelle part ce principe prend à la constitution de la masse du corps; mais on sait approximativement que le volume de l'azote pulmonaire et sanguin à l'état gazeux varie entre 534 et 328 millimètres cubes.

720.—Celui qui existe dans l'intestin variant beaucoup et pouvant même manquer, on ne peut calculer le *poids* absolu de l'azote qui existe dans le corps que pour le poumon et le

(1) Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848, p. 23.
(2) Magendie, *Éléments de physiologie*, in-8°, 1836.

sang; et encore, plutôt pour signaler une lacune que pour la remplir, il faut appliquer à l'homme une partie des chiffres obtenus expérimentalement sur le sang du cheval. Cette quantité s'élève ainsi approximativement de 3gram.,168 à 3gram.,117.

Quantité dans le sang.

721. — L'azote forme en moyenne un peu plus du dixième des gaz contenus dans le sang, mais il peut aller jusqu'à en former le sixième aussi bien dans le sang veineux que dans le sang artériel. C'est ce qu'on peut facilement déduire des recherches de Magnus.

Chez le cheval, il y en a plus dans le sang veineux que dans le sang artériel. La moyenne est de 1c.c.,52 pour 100 dans le sang veineux de cet animal, et de 1c.c.,32 pour 100 dans le sang artériel. Chez le veau, il y en a, au contraire, moitié moins dans le sang veineux que dans le sang artériel. La moyenne est de 0c.c.,64 pour 100 dans le premier, et 1c.c.,71 pour 100 dans le second. La même quantité d'eau dissout à 10 degrés environ la moitié plus d'azote, c'est-à-dire 2c.c.,50 pour 100 : soit 25 centimètres cubes par litre dans l'eau à 10 degrés, et 6 à 17 centimètres cubes dans le sang à 37 ou 40 degrés. Les tableaux de Magnus donnent les résultats suivants :

Sang artériel.			*Sang veineux.*		
Centimètres cubes.	Contiennent oxygène cent. cubes.	En volume pour 100.	Contiennent cent. cube.	Oxygène cent. cubes.	En volume Pour 100.
Cheval 125	2,50	2,00	205	1,10	0,53
Id. 130	1,50	1,15	195	1,70	0,87
Id. 122	1,00	0,82	170	4,00	3,17
Veau 123	1,60	0,30	153	1,30	0,85
Id. 108	2,60	2,13	140	0,60	0,46

On n'a pas encore recherché la quantité d'azote qui existe dans le sang de l'homme, en sorte qu'on ne peut dire quelle masse d'azote en poids et en volume il renferme. S'il en avait

autant que le cheval, on aurait approximativement 66 centimètres cubes d'azote dans la totalité du sang artériel, et 78 dans la totalité du sang veineux; en tout, 144 centimètres cubes : soit en poids 1gram.,716 dans ce dernier, et 1gram. 452 dans le sang artériel. Il ne faut pas attribuer à ces chiffres, obtenus en prenant pour base de calcul les tableaux précédents, plus de valeur qu'ils n'en ont réellement, surtout lorsqu'on applique à l'homme les résultats obtenus sur des herbivores. Ils sont faits plutôt pour indiquer une lacune que pour la remplir. Ceci s'applique aussi aux nombres suivants et à quelques uns de ceux indiqués à propos de l'oxygène et de l'acide carbonique, pour lesquels on n'a pas fait des recherches expérimentales.

Ainsi, pour un litre de sang pesant un peu plus de 1 kilogramme, on a un poids d'azote qui s'élève de 0gram.,0075 à 0gram.,0222 à la température de 37 à 40 degrés. Dans l'eau à 10 degrés cette quantité s'élève à 0gram.,0310. Le sang dissout donc plus d'azote que l'eau n'en dissoudrait à la même température, surtout si l'on considère qu'on a pris ici les moyennes, et que dans certains cas la quantité d'azote s'élève dans le sang à 2 pour 100 et plus. On sait, du reste, par les expériences de Magnus, que le sang peut absorber plus d'azote que l'eau; il en absorbe 1,70 à 3,30 pour 100, c'est-à-dire plus de dix fois autant que l'eau (1). Cette question n'est pas indifférente à traiter, si l'on veut arriver à savoir si l'azote se trouve dans une partie spéciale du sang ou s'il est uniformément dissous par les globules et le sérum.

Azote dans le poumon.

722.— L'air expiré contient, chez les animaux à sang chaud, habituellement une quantité d'azote un peu supérieure à celle que renferme l'air inspiré, ou bien une quantité égale. Il résulte de là que ces animaux cèdent à l'air un peu de l'azote

(1) MAGNUS, *Annalen der Chemie und Physik*, vol. LXVI, p. 177. 1846.

qu'ils ont emprunté à l'état de combinaison aux aliments solides ou liquides. Quand ils sont à l'état d'inanition, les oiseaux surtout, ils empruntent, au contraire, à l'air une petite quantité d'azote égale au léger excès indiqué plus haut.

Les poumons contenant :

1° Après expiration calme, 493 millimètres cubes de gaz;

2° Après expiration forcée, 232 millimètres cubes : il en résulte que cette masse renferme à peu de chose près :

1° de 390 millimètres cubes d'azote;

2° à 184 millimètres cubes.

Ce qui donne en poids :

1° de 0gram.,0487,

2° à 0gram.,0290.

Cet azote se trouve à l'état gazeux dans le poumon, mélangé dans l'air à l'oxygène, à l'acide carbonique et à la vapeur d'eau.

723. — Il existe encore de l'azote dans les gaz intestinaux à l'état normal (1). Les analyses des gaz retirés du tube digestif des suppliciés ont donné à M. Chevreul (2) en azote, sur 100 parties :

Pour l'estomac, 71,45;

Dans l'intestin grêle, 20,08 à 8,85 et 66,60;

Dans le cœcum, 67,50;

Dans le côlon, 51,03 à 18,40;

Dans le rectum, 45,96.

Ce gaz était mêlé à d'autres : dans l'intestin grêle il n'y avait que de l'acide carbonique et de l'hydrogène carboné; dans les autres intestins, il y avait en même temps de l'hydrogène. On doit certainement trouver également de l'azote dans l'intestin des autres mammifères, car déjà Vauquelin en a trouvé dans les gaz intestinaux d'un éléphant (3); et MM. Leuret et Lassaigne en indiquent 60 pour 100 dans l'in-

(1) Jurine, *Mém. de la Soc. royale de méd.* Paris, 1789, t. X, p. 77.
(2) Chevreul, *loc. cit.*, 1816.
(3) Vauquelin, *Mém. du Muséum d'hist. nat.*, 1817, in-4°, t. III, p. 279.

testin grêle du chien, et 45 pour 100 seulement dans le gros intestin du même animal (1).

État sous lequel il se trouve.

724. — L'azote est à l'état gazeux dans le poumon et les intestins. Il y en a sans doute un peu à l'état de dissolution dans le mucus de ces organes. Dans le sang il existe à l'état de dissolution ; mais on ne s'est pas occupé de savoir s'il est dissous dans le sérum ou dans les globules. Le rôle en apparence inactif et accidentel de l'azote dans le sang est sans doute cause de ce qu'on ne s'est pas occupé de savoir si, comme l'oxygène, ce gaz est uniquement ou presque uniquement dissous par les globules, ou bien si le sérum le dissout exclusivement, etc. On ne s'est, en effet, occupé que de l'acide carbonique ; partout c'est lui qui est pris en considération, toujours parce qu'on est guidé par cette idée exclusive de combustion, qui fait trop oublier de s'occuper de savoir si l'azote n'a pas quelque rôle.

725. — L'azote ne concourt que très secondairement à la constitution de la substance organisée du sang et de cette partie-là seulement du corps. Sa présence est une condition de l'échange pulmonaire et cutané des gaz de l'intérieur avec ceux de l'extérieur, et réciproquement.

726. — On ne sait rien des particularités que peut présenter l'azote suivant les sexes et les âges. Ses conditions d'entrée et de sortie sont les mêmes que pour l'oxygène. Comme il y en a certainement un peu d'exhalé, en tenant compte des gaz rejetés par la peau comme par le poumon, il faudrait rechercher d'où il vient, quels sont les principes de l'économie qui en cèdent ; quelles sont, en un mot, ses conditions de *formation* suivant les âges, etc. On ne sait pas encore si la quantité d'azote du sang varie dans quelques ma-

(1) Leuret et Lassaigne, *Rech. physiol. et chim. pour servir à l'hist. de la digestion*. Paris, 1825, in-8°, p. 151.

ladies, ce qui est probable. On sait que les animaux à jeun depuis longtemps empruntent un peu d'azote à celui des gaz bronchiques, c'est-à-dire à l'atmosphère ; ce qui indique qu'il y a très probablement des variations de la quantité de ce gaz dans le sang.

727.—Il y a de l'azote dans les gaz intestinaux morbides ; il y en a quelquefois jusqu'à 99 pour 100, surtout chez les vieillards épuisés par de longues maladies (1). Il est mêlé d'hydrogène, de carbures et sulfures d'hydrogène, acide carbonique et oxygène. Dans l'analyse du gaz d'une vache météorisée, M. Lassaigne indique non pas la présence de l'azote, mais celle de 50,30 pour 100 de protoxyde d'azote ; les autres gaz étaient de l'oxygène, de l'acide carbonique et des carbures d'hydrogène (2).

Origine et issue de l'azote.

728. — L'azote du poumon tire son origine de l'air atmosphérique, où il est puisé à chaque mouvement inspiratoire. Il en vient cependant un peu de celui qui est dans le sang, mais cette quantité en moyenne dépasse rarement 1/100e de la quantité d'oxygène consommé (3). Il y a échange continuel entre cet azote pulmonaire et celui de l'air d'une part, puis celui du sang d'autre part ; il n'y a donc d'autre mode d'issue que l'exhalation. Il faut en excepter les animaux émaciés par l'abstinence qui en consomment un peu ; alors il disparaît par le sang.

L'azote du sang vient du poumon, mais il n'en vient pas en entier, puisqu'il y en a d'exhalé 1/100e environ de la quantité d'oxygène consommée. Il en vient aussi par conséquent des aliments solides, mais on ne sait en aucune façon de quels principes azotés ni par quelles réactions il devient libre.

Cet azote du sang disparaît en partie par le poumon.

(1) Chevillot, *loc. cit.*, 1829.
(2) Lassaigne, *loc. cit.*, 1830.
(3) Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848, p. 23.

Dans le cas d'animaux émaciés qui en prennent à l'air, il est probable qu'il s'en combine à quelque principe immédiat, mais on ne sait lequel. Il en disparaît aussi par la peau en même temps que l'hydrogène, et la quantité exhalée varie un peu suivant les heures du jour, les aliments, etc. (1).

A l'état normal, l'azote de l'estomac a été trouvé plus abondant que celui des autres parties du tube digestif. Cela pourrait faire croire que ce gaz est introduit par la déglutition des aliments. Mais on en trouve davantage dans le gros intestin que dans l'intestin grêle, il faut donc que le sang en fournisse, ou bien qu'il provienne de quelques réactions se passant dans l'intestin. On ne sait nullement quels principes contenus dans l'intestin pourraient, en se dédoublant, donner lieu au dégagement d'un gaz si difficile à séparer des corps avec lesquels il est combiné. Aussi est-il plus probable qu'il est exhalé, en partie au moins, par le sang des capillaires. Si ce n'est là son origine exclusive, il faut admettre que le reste vient de l'air, par déglutition avec les aliments, jusqu'au moment où l'on aura démontré qu'il s'en dégage directement des matières contenues dans l'intestin. Ceux qui admettent sans la moindre difficulté que tous les gaz intestinaux viennent de réactions chimiques se passant dans cet appareil, auraient certainement dû, à propos de l'azote, se poser la question de savoir quelles sont les réactions qui lui donnent naissance, quel est le principe qui en laisse dégager. Néanmoins, si ce fait venait à être reconnu comme constant, il rendrait sans doute raison du léger excès d'azote que rejettent les poumons, car un gaz existant dans l'intestin, il ne peut pas ne pas y avoir échange endosmotique entre lui et ceux du sang; échange qui peut être modifié par la nature et l'état des membranes. Il sera reconnu dès lors que les gaz intestinaux disparaissent à la fois par le sang et le poumon, et par l'anus.

S'il ne se dégage pas d'azote des matières en digestion, cet excès d'azote rejeté vient du sang par dédoublement de

(1) Regnault, *Cours élément. de chimie.* Paris, 1850, in-18, t. II, p. 866.

quelques principes immédiats, qui en fournit ainsi à la fois un peu aux gaz pulmonaires et à ceux de l'intestin ; ceux-ci ont alors pour unique mode d'issue l'intestin rectum.

L'azote, comme on le voit, ne se rattachant directement à aucune théorie, a peu attiré l'attention des observateurs sous le rapport de son origine et de son issue dans le sang d'abord, dans l'intestin ensuite ; il y a certainement une corrélation entre ces faits considérés dans ces deux appareils organiques, mais elle est encore ignorée.

Rôle physiologique.

729. — Le rôle que joue l'azote dans le sang a toujours paru fort peu important, aussi s'en est-on peu occupé. Il est peut-être plus important qu'on ne le pense généralement. Néanmoins la possibilité de lui substituer l'hydrogène, qui le remplace à volume égal, sans lésions pour les fonctions, porte à croire que cette supposition est peu probable. Il faudrait, du reste, prolonger davantage les expériences qu'on ne l'a fait.

Dans tous les cas, l'azote n'est pas un principe destiné à être assimilé (sauf le cas des animaux émaciés qui en empruntent un peu à l'air au lieu de lui en rendre). Et ce produit, comme nous l'avons vu, dérive ou bien de dédoublement des substances azotées du corps, ou bien de réactions chimiques intestinales. Ce sont là du moins les faits les plus probables relativement à l'origine de ce gaz, qui n'est pas dans le sang uniquement parce qu'il y en a dans l'air. Et s'il y en a moins dans le sang qu'il n'y a d'oxygène, cela n'est pas dû simplement à ce que les parois des vaisseaux ont la propriété d'en moins laisser passer que d'oxygène, ce que pensent quelques physiologistes, mais à ce que les principes du sang dissolvent plus de l'un que de l'autre en vertu de leurs propriétés dissolvantes spéciales, démontrées expérimentalement par Magnus (1).

Historique.

730. — Voyons maintenant par quelles phases successives ont passé nos connaissances relativement à l'azote avant d'arriver où elles en sont.

Lavoisier et Priestley s'en occupèrent les premiers expérimentalement. Lavoisier crut que ce gaz n'éprouvait aucun changement de quantité dans le sang et le poumon (2). Priestley (3), H. Davy, crurent au contraire

(1) Magnus, *loc. cit.*, 1846.
(2) Lavoisier et Séguin, *loc. cit.*, 1777-1791.
(3) Priestley, *loc. cit.*, 1777-1785.

qu'il y en a d'absorbé (1). Allen et Pepys en revinrent à l'opinion de Lavoisier (2), et pensèrent que par conséquent l'azote de l'air n'intervient pas pour fournir à la nutrition des herbivores. Cependant ils constatèrent qu'il y en a un peu d'absorbé toutes les fois que la respiration est gênée. Ils observèrent aussi plus tard (3) que dans une atmosphère où l'hydrogène a été substitué à l'azote, la quantité absorbée du premier gaz est remplacée par une quantité égale du second. Berthollet pensait, au contraire, qu'il y avait un peu d'azote exhalé par le poumon pendant la respiration (4). Spallanzani observa que suivant les espèces animales, tantôt l'azote de l'air reste intact, tantôt il est absorbé par les diverses parties du corps et le poumon chez les animaux pulmonés, chez l'homme par exemple. Mais cette quantité est toujours très petite en comparaison de l'oxygène (5). Henderson et Thomson (6) ont vu également qu'il y a un peu d'oxygène emprunté à l'air par le sang pendant la respiration. Pfaff pense aussi, d'après ses expériences, qu'il y a de l'azote absorbé pendant la respiration (7). Il détermine aussi dans ce travail les proportions d'oxygène absorbé et d'acide carbonique exhalé. Nysten (8), Dulong (9), puis M. Despretz (10), montrèrent qu'il y a réellement un peu d'azote rejeté par le poumon; et que cette quantité est plus forte chez les herbivores que chez les carnivores. C'est là aussi le résultat général des expériences de W. Edwards, surtout chez les jeunes mammifères; quelquefois il trouve égalité entre l'absorption et l'exhalation (11).

Depuis lors il n'a été fait aucun travail expérimental, mais seulement des remarques et théories plus ou moins contradictoires sur les faits précédents, jusqu'à l'époque des recherches de Marchand (12) et de MM. Regnault et Reiset, qui ont, par des analyses eudiométriques minutieuses, donné

(1) H. Davy, *loc. cit.*, 1802.

(2) Allen et Pepys, *loc cit.*, 1808.

(3) *Loc. cit.*, 1827.

(4) Berthollet, *Mém. de la Soc. d'Arcueil*, 1802, t. II, p. 454.

(5) Spallanzani, *Mém. sur la respiration*, traduits par Sennebier sur le manuscrit inédit. Genève, an XI, in-8°, p. 88 à 102.

(6) Henderson dans Thomson, *Syst. de chimie*, traduct. franç., 1818-1822, in-8°, t. V.

(7) Pfaff, *Nouv. expér. sur la respir. de l'air atmosph., principalement par rapport à l'absorption d'azote, et sur la respir. du gaz oxyde d'azote* (*Ann. de chim.*, 1805, t. LV, p. 177).

(8) Nysten, *Rech. de phys. et de chimie pathologique*. Paris, 1811, in-8°, p. 178.

(9) Dulong, *loc. cit.*, 1823.

(10) Despretz, *loc. cit.*, 1824.

(11) Edwards, *De l'infl. des agents phys. sur la vie*. Paris, 1824, in-8°,

(12) Marchand, *Sur le rôle de l'azote dans le phénomène de la respiration* (*Journal für prakt. Chemie*, 1848, t. XLIV, p. 1).

plus de précision aux faits connus jusqu'alors. Ils ont montré que l'azote dégagé, pendant que 100 parties d'oxygène sont consommées, varie entre 0,0549 et 0,693. Chez le lapin, elle est de 0,495 et de 1,464 chez la poule (1). Chez le cochon d'Inde, elle est de 0,94 d'après Marchand.

Macaire et Marcet admettent qu'à moins de supposer que l'action vitale peut former l'azote de toutes pièces, il faut conclure que celui qui contient le chyle provient des aliments. Mais que le sang en contenant proportionnellement plus que le chyle, il faut admettre que chez les carnivores et herbivores, la respiration fournit le complément de celui qu'on trouve dans le sang (2).

Déjà auparavant M. Boussingault avait été conduit à confirmer les résultats de Dulong, et à penser que l'azote des aliments sortait en partie à l'état gazeux, parce qu'il ne retrouvait pas dans l'accroissement du poids du corps et dans les substances azotées des matières fécales le poids de l'azote entré sous forme d'aliments. Mais il avait été amené à des estimations trop fortes, faute de tenir compte des matières azotées tombant sous forme de poils, épiderme, etc. (3). Il avait aussi obtenu des résultats analogues sur les oiseaux (4). Quoique manquant de précision, ces recherches avaient appris qu'un peu de l'azote des aliments devait disparaître sous forme gazeuse. M. Barral arrive aux mêmes conclusions en partie par des expériences, en partie par des calculs (5). Relativement à l'azote de l'intestin, on pouvait en soupçonner l'existence d'après les recherches de Van Helmont, qui avait constaté que les gaz de l'estomac et de l'iléum étouffent la chandelle : *Ructus sive flatus originalis in stomacho prout et flatus ibi extinguunt flammam candelæ* (6). Les recherches de Jurine en ont, pour la première fois, positivement démontré l'existence (7) ; puis sont venues celles de Vauquelin (8), de M. Chevillot (1829), et de MM. Magendie et Chevreul (1816).

Enschut (9) est le premier qui ait montré que parmi les gaz du sang il y a de l'azote, fait retrouvé depuis par Magnus (10), Bischoff (11) et

(1) Regnault et Reiset, *Comptes rendus, loc. cit.*, 1848.

(2) Macaire et Marcet, *Rech. sur l'orig. de l'azote qu'on retrouve dans la comp. des subst. anim.* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1832, t. LI, p. 371).

(3) Boussingault, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1838, t. VII, p. 1157.

(4) Boussingault, *Ann. de phys. et de chim.*, 1844, t. XI, p. 433.

(5) Barral, *Statique chim. des anim.* Paris, 1850, in-18, p. 246-270, etc.

(6) Van Helmont, *Ortus medicinæ*. Amstelodami, 1652, in-4°, p. 431.

(7) Jurine, *loc. cit.*, 1789.

(8) Vauquelin, *loc. cit.*, 1817.

(9) Enschut, *loc. cit.*, 1830.

(10) Magnus, *loc. cit.*, 1837 et 1846.

(11) Bischoff, *De novis quibusdam physiologicis ad illustrandam theoriam de respiratione institutis*. Heidelberg, 1837.

Marchand. Ingenhousz semble être le premier qui observa une exhalation d'azote par la peau de l'homme (1). Puis Abernethy recueillit sous le mercure un gaz formé de deux tiers d'acide carbonique et un tiers d'azote (2). Collard de Martigny trouve, tantôt de l'azote en proportion variable et de l'acide carbonique, tantôt de l'acide carbonique pur (3).

CHAPITRE IV.

ACIDE CARBONIQUE.

Synonymie : *Gaz ou acide méphitique* (Sage et Guyton de Morveau) (4), *air fixe, air irrespirable, acide crayeux, acide charbonneux.*

731. — Il existe de l'acide carbonique dans le poumon, dans le sang, dans le tube digestif et dans l'urine. Ce dernier fait constaté par Prout, nié par Berzelius, mais vérifié par Vogel, Marcet, Brandes, Woehler, et récemment par Marchand, qui en a trouvé chez l'homme adulte et l'enfant environ 60 centimètres cubes pour 1,000 grammes (5). Il y en a aussi dans l'urine des herbivores; mais *une partie* de celui qu'on extrait s'y trouve à l'état de bicarbonate, et par conséquent ne fait pas directement partie du corps; ce sont les bicarbonates qui sont là les principes immédiats, et non l'acide carbonique. On ne sait pas encore s'il en est de même chez l'homme.

M. Stass a trouvé que l'eau de l'amnios de la vache est saturée d'acide carbonique, et renferme de plus du bicarbonate de potasse (6).

Il est probable que celui extrait de la bile et du lait par Marchand faisait partie des bicarbonates, car ces liquides

(1) Ingenhousz, *Vermischte Schriften physico-medic.* Vienne, 1782-1784.

(2) Abernethy, *Surgical and physiological essais*, 1793-1797.

(3) Collard de Martigny, *loc. cit.*, 1827.

(4) Guyton de Morveau, *Encyclopédie méthodique*, Chimie, t. I, p. 95, in-4°, 1786.

(5) Marchand, *Sur l'acide carbonique de l'urine et du lait* ((*Journ. für prakt. Chemie*, 1848, t. XLIV, p. 250.

(6) Stass, *Note sur les liquides de l'amnios et de l'allantoïde* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1850, t XXX, p. 627).

sont alcalins, et il faut employer la chaleur pour en extraire le gaz carbonique.

732. — La quantité absolue de ce gaz chez l'homme, en volume, s'élève de 87c.c.,70 à 97c.c.,70, sans tenir compte de celui que renferme l'intestin, dont la quantité variable ne peut permettre un calcul, même approximatif.

Acide carbonique du sang.

733. — L'acide carbonique contenu dans le sang occuperait, à l'état gazeux, un espace variant du tiers au cinquième de celui occupé par ce liquide.

D'après Magnus, il y en a plus dans le sang artériel que dans le sang veineux, dans la proportion de 6c.c.,49 pour 100 dans le sang artériel, pour 5c.c.,50 dans le sang veineux, c'est-à-dire dans la proportion de 0gram.,99, ou un cinquième en faveur du sang artériel; ce qui donne 0gram.,123 pour 100 dans le sang artériel, et 0gram.,104 pour 100 grammes dans le second. Comme déjà il y a plus d'oxygène dans la proportion de 2,41 ou 3 à 1,20, et d'azote dans la proportion de 1,51 à 1,00 (1), on voit qu'il y a plus de gaz dans le sang artériel que dans le sang veineux.

Voici les tableaux de cet auteur sur ce sujet :

Sang artériel.			*Sang veineux.*		
Centimètres cubes donnent.	Acide carbon. cent. cubes.	Pour 100.	Centimètres cubes donnent.	Acide carbon. cent. cubes.	Pour 100.
Cheval 125	3,40	4,32	205	8,80	4,28
Id. 130	10,70	8,23	195	10,00	5,12
Id. 122	7,00	5,82	170	12,40	7,29
Veau 123	9,40	7,58	153	10,20	6,66
Id. 108	7,00	6,37	140	6,10	4,35

734. — On peut déduire, du résultat obtenu par Magnus et en admettant approximativement 5 litres de sang artériel, et 7,50 de veineux, qu'il y a 6gram.,15 de gaz carbonique dans le sang artériel, et 7gram.,80 dans le sang veineux : en tout, 13gram.,95.

(1) Magnus, *loc. cit.*, 1837.

Acide carbonique dans le poumon.

735. — L'acide carbonique du poumon s'y trouve à l'état gazeux et de mélange avec de l'azote, de l'oxygène de l'air, de la vapeur d'eau et les traces d'autres gaz expirés.

Connaissant, d'après les chapitres précédents, d'une part la quantité moyenne de gaz contenue dans le poumon après une expiration ordinaire (493 millimètres cubes), et une expiration exagérée (232 millimètres cubes), et, d'autre part, que ces gaz renferment alors de 3 à 5 pour 100 d'acide carbonique, on en déduit qu'il y a dans le poumon :

1° Après expiration calme, 14 à 24 millimètres cubes;

2° Après expiration forcée, 7 à 12 millimètres cubes.

Ce qui donne en poids :

1° 0gram.,0266 à 0gram.,0456 ;

2° 0gram.,0133 à 0gram.,0228.

La quantité d'acide carbonique exhalé et celle d'oxygène fixé dans l'économie sont surtout en rapport avec la nature des aliments, et varient peu dans les animaux soumis au même régime, bien qu'ils appartiennent à des classes très éloignées. La plus petite exhalation d'acide carbonique a lieu chez les animaux nourris de viande; le volume de l'acide carbonique exhalé (ou, si l'on veut, le poids de l'oxygène contenu dans cet acide) est chez eux, à celui de l'oxygène inspiré, comme 0,67 ou 0,74 : 1,00. Ce rapport est plus grand chez les animaux nourris de légumes; pour les lapins soumis à ce régime, M. Regnault l'a vu varier de 0,85 à 0,95. Il est encore plus grand chez les animaux nourris de pain ou de grain; car il peut devenir égal et même supérieur à l'unité. L'animal dégage alors une quantité d'acide carbonique qui renferme plus d'oxygène qu'il n'en prend à l'air dans le même temps. Cette quantité, ainsi qu'on le voit, ne peut donc pas venir d'une *combustion* du carbone des matériaux du sang par l'oxygène inspiré. La quantité d'acide carbonique rejetée est donc en rapport, non pas avec celle de l'oxygène fixé dans l'économie, mais avec la nature des ali-

ments. Ce fait montre qu'on ne peut considérer cet oxygène comme venant chercher du carbone et le brûler, mais que l'exhalation d'acide carbonique est indépendante de l'inhalation d'oxygène. C'est ce que prouvent, du reste, les expériences de Spallanzani et de W. Edwards, qui montrent que les animaux qui respirent dans les gaz azote et hydrogène dégagent de l'acide carbonique en aussi grande quantité, et souvent plus que dans l'air atmosphérique. Lorsque, par de fréquentes inspirations, la quantité d'oxygène introduit augmente, celle de l'acide carbonique exhalé augmente aussi ; mais cela tient uniquement à ce fait physique, qu'il ne saurait y avoir endosmose d'oxygène sans exosmose d'acide carbonique, pénétration d'un gaz sans sortie d'un autre.

Pour un lapin nourri momentanément de pain et de son, on a trouvé que le rapport de l'acide carbonique exhalé est à celui de l'oxygène inspiré comme 0,997 : 1,000. Chez les poules, nourries de grain, il a été comme 0,90 et 1,03 : 1,00. Chez les animaux soumis à une diète absolue, ce rapport est à peu près le même que celui indiqué plus haut pour ceux qui sont nourris de viande (1).

736. — La quantité d'acide carbonique contenu dans l'urine est très peu considérable, et n'a pu être mesurée.

Acide carbonique dans l'intestin.

737. — L'acide carbonique contenu dans l'intestin y est à l'état de fluide élastique ; il y en a sans doute à l'état de dissolution dans le mucus et les matières contenues par le tube digestif. Il est mêlé à de l'azote, de l'hydrogène, des carbures et sulfures d'hydrogène, quelquefois de l'oxygène. On en a trouvé, pour 100 :

Dans l'estomac, 14,00;

Dans l'intestin grêle, 24,39, — 40,00, — 25,00 ;

Dans le gros intestin, 43,50, — 70,00 ;

Dans le cœcum, 12,50 ;

(1) Regnault, *Cours élémentaire de chimie*. Paris, in-18, 1850, t. II, p. 866.

Dans le rectum, 42,86 (1).

C'est après l'azote le plus abondant des gaz intestinaux ; il y en a davantage dans le gros intestin que dans l'intestin grêle, contrairement à ce que dit Jurine (2). Il y en a aussi dans les gaz intestinaux de l'éléphant (3); dans ceux du chien, on en trouve, d'après MM. Leuret et Lassaigne (4) 30 pour 100 dans l'intestin grêle, 15 pour 100 dans le gros intestin. Moschati (5) indique de l'acide carbonique presque pur dans le duodénum. Il y a également de l'acide carbonique dans les gaz intestinaux des individus morts de maladie· la proportion peut aller à 92 ou 93 pour 100 ; il y en a moins chez les individus morts d'affections aiguës que chez ceux morts de maladies chroniques.

M. Lassaigne en a trouvé 29 pour 100 dans la panse d'une vache météorisée (6), et, suivant MM. Fremy et Lameyran, il y en a 5 pour 100 dans le gaz que contient cet organe dans l'affection précédente (7).

État dans lequel se trouve l'acide carbonique dans les diverses parties du corps.

Tout porte à croire que l'acide carbonique qu'on extrait du sang vient de trois sources : 1° du sérum, dans lequel il est à l'état de dissolution ; 2° des globules, où il est également dissous ; 3° des bicarbonates.

Il est dissous dans les deux premiers, et c'en est la seule portion qui concourt réellement à constituer directement le sang.

Quant à l'acide des bicarbonates, il est à l'état de combinaison, et ce n'est que par décomposition de ces sels qu'on l'obtient; ce sont eux qui concourent directement à former

(1) Chevreul dans Magendie, *loc. cit.*, 1816.
(2) Jurine, *loc. cit.*, 1789.
(3) Vauquelin, *loc. cit.*, 1817.
(4) Leuret et Lassaigne, *loc. cit.*, 1825, p. 151.
(5) Moschati, *loc. cit.*, 1771.
(6) Lassaigne, *loc. cit.*, 1830.
(7) Lameyran et Fremy, *Bull. de pharm.*, 1809, in-8°, t. I, p. 358.

le sang, et leur acide n'appartient pas directement à ce liquide.

Cette question de la présence de l'acide carbonique dans le sang, qui paraît d'abord si simple, exige au contraire des recherches très délicates; elle exige qu'on tienne compte à la fois de l'état physiologique de l'animal et de la composition anatomique du sang. Ainsi, avec la propriété acide du gaz carbonique, presque insignifiante en apparence, nous voyons apparaître une complication qui n'existait pas à propos des gaz neutres étudiés jusqu'à présent. Il y avait simplement à étudier leur état de dissolution dans le sérum, d'une part, considéré comme liquide homogène (homogénéité caractéristique de l'état de dissolution); dans les globules, corps demi-solides et homogènes, de l'autre. Ceux-ci, avons-nous dit, ont la propriété d'en dissoudre beaucoup, et celui-là fort peu.

Nous trouvons la même chose pour l'acide carbonique. 1° Il y en a dans le sérum, car il en dissout à peu près autant que l'eau. La présence des sels, de l'albumine et d'autres principes, a certainement de l'influence sur la dissolution de ce gaz, mais on n'a pas encore expérimenté directement avec le sérum seul. Seulement on sait que le sang, avec ses globules, dissout bien plus d'acide carbonique que l'eau (1).

2° D'après cela on voit qu'il y en a et en proportion bien plus considérable dans les globules.

3° Il n'est pas probable que les bicarbonates du sang puissent donner tout l'acide carbonique qu'on en retire par le vide et un courant d'hydrogène. Mais on sait qu'une solution de bicarbonate de soude placée dans le vide, ou soumise à un courant d'un gaz inactif chimiquement ou chauffée, est ramenée à l'état de carbonate, en laissant échapper une partie de son acide. Il est donc certain, si les bicarbonates se comportent dans les sérums comme dans l'eau, qu'une portion du gaz carbonique retiré du sang n'est pas à l'état de simple

(1) Magnus, *loc. cit.*, 1846.

dissolution, mais à l'état de bicarbonate de soude, réduit à l'état de carbonate par le courant d'hydrogène.

Par conséquent, à la rigueur, on pourrait dire que les expériences de Magnus prouvent qu'il y a de l'acide carbonique dans le sang; mais elles ne montrent pas s'il est à l'état de dissolution plutôt que de combinaison proprement dite. Néanmoins les faits précédents et la formation de cet acide par contact de l'oxygène et des globules en suspension dans le sulfate de soude doivent faire admettre qu'il y a de l'acide carbonique réellement dissous dans les globules; qu'il concourt ainsi directement à la constitution du sang, avec l'oxygène et l'azote.

Enfin, fait plus démonstratif, Lehmann a montré que 1,000 centimètres cubes de sang donnent seulement 70 centimètres cubes d'acide carbonique par les moyens mécaniques comme l'agitation, et 360 centimètres cubes quand on ajoute un acide (1).

738. — L'acide carbonique est dans le sang à l'état de dissolution. Il est principalement à l'état de dissolution dans les globules; il peut être déplacé par l'oxygène et d'autres gaz encore, comme l'hydrogène, ou même par simple agitation du sang.

En augmentant la quantité d'oxygène de l'air dans certaines proportions (Regnault et Reiset), on ne change rien à la proportion de celui que dissolvent les globules. De même, en sens inverse, si l'on augmente en certaines proportions l'acide carbonique de l'air, on observe que le déplacement de l'acide dissous est entravé, bien que la quantité d'oxygène n'ait pas diminué. Le déplacement ne se fait plus en mêmes proportions, et il y a naturellement moins d'oxygène absorbé; d'où l'asphyxie survenant ainsi à la fois parce que l'acide carbonique reste et parce que l'oxygène ne pénètre plus dans l'économie. Nous avons vu que si l'on augmente d'une quantité proportionnelle l'oxygène de l'air, l'équilibre entre le déplacement de l'acide et l'absorption de l'oxygène se rétablit.

(1) Lehmann, *Archiv der Pharm.*, 1847, t. L, p. 336.

739. — On sait que la présence de 1 centième de phosphate de soude dans l'eau lui permet d'absorber le double d'acide carbonique de ce qu'elle prend habituellement. Une fois saturée ainsi sous la pression ordinaire, elle se comporte désormais comme de l'eau pure. En effet, si l'on opère ensuite sous une pression double, la solution saturée se comporte sous cette double pression comme le ferait l'eau ordinaire, saturée aussi de gaz carbonique à une pression simple; comme la solution de phosphate de soude ci-dessus. Ce fait porte à croire que le sérum peut dissoudre de l'acide carbonique plus que d'oxygène ; à moins que l'existence des autres principes, qui sont dans le sang en présence du phosphate de soude, ne fasse disparaître à son tour la propriété de celui-ci.

La petite quantité d'acide carbonique existant dans les urines s'y trouve à l'état de dissolution dans l'eau, et cette dissolution est sans doute favorisée par le phosphate de soude. Elle favorise à son tour la dissolution du phosphate de chaux; car si l'on chauffe l'urine, si ces derniers sels sont abondants, ils se précipitent et se redissolvent par un courant d'acide carbonique (1). C'est également à l'état de dissolution que se trouve l'acide carbonique de l'urine des herbivores. Du reste, il faut savoir que la présence de cet acide n'a été démontrée qu'en faisant le vide sur de l'urine et plaçant à côté de l'eau de baryte qui se trouble (2). En même temps se déposent les carbonates terreux. Or, on sait que le vide et l'ébullition suffisent pour ramener les bicarbonates à l'état de carbonates en chassant une partie de l'acide.

740. — Les autres particularités chimiques et organoleptiques présentées dans l'organisme par l'acide carbonique n'offrent rien à signaler que son action dissolvante sur les sels terreux, qui, sans doute, s'exerce dans l'urine à l'aide de la petite proportion de ce gaz contenue dans cette humeur.

(1) DELAVAUD, *Mémoires de la Société de biologie*. Paris, 1851.

(2) BOUSSINGAULT, *Analyse chimique de l'urine des animaux herbivores* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XV, p. 97).

741. — L'acide carbonique a pour caractère d'ordre organique de concourir à former la substance du sang. Il ne prend à sa constitution qu'une part secondaire, comme tous les principes qui se forment à l'aide des matériaux des principes qui ont déjà servi, et qui finalement sont rejetés. Malgré cette part secondaire qu'il prend à la constitution de cette humeur, quant à la masse et à l'union moléculaire des substances entre elles, ce n'en est pas moins un principe indispensable à l'organisme : ce que manifeste l'universalité de sa présence dans les êtres organisés ; ce que prouve la nécessité physique de la présence dans l'économie d'un gaz devant être rejeté pour permettre l'introduction d'*un autre* gaz. Il est enfin, du côté de l'organisme, la condition d'accomplissement de la double relation entre l'économie d'une part, le milieu gazeux de l'autre, c'est-à-dire l'oxygène essentiellement. Par ce caractère, comme par les précédents, l'acide carbonique se range parmi les principes de la première classe ; ce que nous faisons remarquer par la raison qu'il se *forme dans l'économie* et en est expulsé aussitôt, fait qui le rapproche des espèces de la deuxième classe.

Dans l'urine, la part qu'il prend à la constitution de ce liquide est moins importante que dans le sang, et cette part dérive directement des propriétés chimiques du principe.

742. — On n'a pas observé quelles étaient les modifications de la quantité d'acide carbonique du sang dans les maladies. Comme dans le poumon, il varie de 1 à 10 pour 100, suivant les divers ordres d'affections ; ce fait indique certainement une modification corrélative dans la quantité d'acide carbonique du sang. Seulement celle-ci n'a pas été mesurée. En comparant dans des conditions diverses, successivement précisées, la quantité d'acide carbonique expirée par un animal à celle que renferme son sang dans les mêmes conditions, on arrivera certainement à déterminer quelle relation il y a entre ces deux valeurs, de manière à pouvoir connaître à peu près la seconde, en étudiant la première.

Il sera possible alors de calculer aussi les variations phy-

siologiques de la quantité d'acide carbonique contenue dans le sang et le poumon, aux différents âges, dans les individus de sexes différents, et chez les femmes, suivant qu'elles sont ou non à l'époque des règles. Déjà on connaît les variations dans la quantité d'acide carbonique expiré, dans ces diverses circonstances relatives à la durée de la vie, au sexe et à l'état normal ou pathologique.

MM. Andral et Gavarret (1) ont, en effet, constaté que la quantité d'acide carbonique contenue dans les gaz pulmonaires rendus par le poumon augmente graduellement jusques entre quarante et cinquante ans, et en particulier proportionnellement au développement du système musculaire. Cette augmentation graduelle s'observe aussi chez les femmes, mais elle cesse à l'époque de l'apparition des règles. Elle reste alors ce qu'elle était jusqu'à la cessation des menstrues; c'est-à-dire que, jusqu'à l'âge de trente-neuf à quarante-huit ans, la quantité d'acide rejeté reste à peu près ce qu'elle était à douze ans. Une fois l'*époque critique* passée, l'augmentation de la quantité d'acide rejetée recommence, mais faiblement; puis, pendant la vieillesse, il y a diminution. Pendant la grossesse, il y a augmentation de la quantité d'acide habituellement rejeté par la femme, sans que jamais elle atteigne la quantité rejetée par l'homme. Après la grossesse, la proportion d'acide expulsé revient à ce qu'elle était auparavant. La quantité d'acide rejeté par les poumons diminue chez les individus affaiblis par quelque maladie. Les expériences de Scharling (2) et de Brunner et Valentin (3) donnent également des résultats analogues; les chiffres de Scharling sont un peu plus faibles que ceux donnés par MM. Andral et Gavarret, mais les proportions sont les mêmes.

MM. Hervier et Saint-Lager ont observé que la quantité

(1) ANDRAL et GAVARRET, *Recherches sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon dans l'espèce humaine* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1843, t. XVI, p. 113).

(2) SCHARLING dans BERZELIUS, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie pour* 1842. Stockholm, 1843. Traduct. fr., Paris, 1844, in-8°, p. 347.

(3) BRUNNER et VALENTIN, *Pharm. central Blatt*, 1843, p. 757 et 765.

d'acide carbonique contenu dans l'air expiré présente des variations horaires coïncidant avec celles du baromètre ; elles ont, comme ces dernières, deux maxima, l'un vers 9 heures du matin, l'autre à 11 heures du soir, et deux minima, l'un vers 3 heures du soir, et l'autre le matin, vers 5 heures. Le maximum du matin est plus grand que celui du soir. Il y a moins d'acide expiré dans le sommeil que pendant la veille. Les aliments féculents et alcooliques augmentent la quantité d'acide carbonique expiré.

M. Letellier a montré que plus la température de l'air est élevée, moins l'air expiré renferme d'acide carbonique, et cela dans les proportions suivantes chez le cochon d'Inde : à 0 degré, il en contient 3 pour 100 ; entre + 15 et + 26 degrés, il en renferme 2,08 pour 100; entre + 20 et 30 degrés, il en contient 1,45 pour 100 (1).

743.—Nous avons à examiner ici quelles sont les conditions de *formation* et les conditions d'issue de ce principe immédiat. Nous rechercherons ensuite quels sont les phénomènes de ces deux actes, quels sont les faits dynamiques ou actes manifestés lors de cette formation et de cette issue. Cette séparation, exigée par la méthode, est naturellement le seul moyen d'éviter les aberrations dans lesquelles on tombe, lorsque, en fait d'actes aussi minutieux, aussi spéciaux, aussi particuliers que ceux-là, on prétend déterminer la nature du phénomène d'après ses effets généraux ; sans entrer dans l'étude particulière de ses conditions d'accomplissement dans l'organisme.

On connaît deux sources d'acide carbonique dans l'organisme, deux ordres de conditions pour la formation de ce principe. La première est la décomposition dans le poumon des carbonates et bicarbonates du sang par l'acide pneumique (2); la deuxième est le dégagement d'acide carbonique par la substance organisée.

(1) Letellier, *Ann. de chim. et de phys.*, 1845, t. XIII, p. 478.

(2) Liebig admet de plus, que les acides végétaux introduits dans le sang, ou l'acide urique produit par la transmutation des tissus, décomposent les carbonates alcalins, et forment des sels neutres ; l'acide carbonique devenu libre est évacué par le poumon. (*Lettres*, 1852, p. 174.)

Il résulte des expériences de M. Cl. Bernard, que nous avons analysées précédemment (t. Ier, p. 165), que le lieu de l'économie où se forme le plus d'acide carbonique est le poumon. Les conditions de formation de ce gaz ne sont pas celles de la combustion ; c'est la présence des carbonates et des bicarbonates dans le sang d'une part, et de l'autre celle de l'acide pneumique libre dans le tissu même, dans la substance du parenchyme pulmonaire. Cet acide se trouve là en petite quantité, mais il est par lui-même assez énergique ; aussi le tissu du poumon est-il acide. Il résulte en outre d'expériences présentées par l'un de nous (M. Verdeil) à la Société de biologie, que le tissu pulmonaire, au contact d'une dissolution de carbonate de soude, décompose ce sel avec dégagement d'acide carbonique.

Ainsi voilà un des résultats les plus nets que l'on puisse concevoir et auquel conduisent, d'une part, l'expérience directe faite sur le vivant, et de l'autre la recherche successive de tous les principes immédiats qui peuvent se rencontrer dans les tissus et les humeurs. Ainsi la plus grande partie de l'acide carbonique que nous rejetons chaque jour vient de carbonates décomposés peu à peu dans les nombreux capillaires du poumon, et ne se forme pas par combustion. Restera maintenant à chercher plus loin comment se forment ces carbonates dont la formation ne doit pas être confondue avec l'étude de la formation de l'acide carbonique, qui est un autre principe immédiat. Recherchez dans les nombreuses hypothèses physiologiques et de pathologie qui ont régné un certain temps, et vous verrez que l'hypothèse de la combustion n'est pas la première qui se soit ainsi trouvée réduite infiniment par suite de la découverte des faits réels. Comme toutes ces grandes hypothèses, c'est une création de l'esprit humain mise à la place de la réalité, alors inconnue, afin de relier nos observations, bien qu'elle ne pût se mouler exactement sur les faits ; mais seulement elle servait à les réunir, à ne pas les laisser épars, c'est-à-dire inutiles. Elle était du reste des plus rationnelles, puisqu'elle était de celles qui sont

susceptibles de vérification ou d'infirmation expérimentale; et elle est une de celles qui ont le plus influé sur la découverte de la réalité qui l'a renversée pour mettre autre chose à la place.

Ce n'est pas seulement dans le poumon que se trouvent les conditions de formation de l'acide carbonique. Les expériences de Spallanzani (1) et de W. Edwards ont montré que toute partie organisée, morte ou vivante, dégage de l'acide carbonique; que les animaux qui respirent dans l'hydrogène et dans l'azote purs dégagent de l'acide carbonique. Elles ont montré de plus que la quantité d'acide carbonique exhalée dans l'hydrogène est ordinairement supérieure à celle qu'ils fournissent en respirant dans l'air, et jamais inférieure. Aussi ces expérimentateurs concluent-ils d'expériences très variées et faites de manière à ne laisser aucun doute, que, lorsque les animaux respirent dans l'air, il ne se forme pas sensiblement d'acide carbonique dans l'acte respiratoire par combinaison de l'oxygène de l'air avec le carbone du sang; mais que ce gaz vient en entier de la substance du corps; que tout est le produit de l'exhalation; que l'acide carbonique n'est pas le produit de la combinaison de l'oxygène avec le carbone des tissus animaux; que la disparition de l'oxygène n'est pas la cause de l'apparition de l'acide carbonique. Edwards est conduit aussi à rejeter cette espèce de compromis, cette opinion mitoyenne suivant laquelle l'acide carbonique serait en partie formé par combinaison de l'air au carbone du sang, et en partie viendrait de celui qu'ont la propriété de laisser échapper toutes les parties de la substance du corps (2).

On se demande, en lisant ces expériences, comment il se fait que les fauteurs de l'ancienne hypothèse de la combustion, avant de vouloir la faire revivre, n'ont pas commencé par discuter ces expériences, dont ils ne tiennent nul compte dans leurs raisonnements. Sans doute ils ne les eussent pas

(1) Spallanzani, *Mémoires sur la respiration*. Genève, an XI, in-8°, p. 343 et 351.

(2) W. Edwards, *De l'influence des agents physiques sur la vie*. Paris, 1824, in-8°, p. 448 à 460.

mis en avant, s'ils avaient tenu compte de ces faits, qui ôtent beaucoup à leur hypothèse de ce qu'elle peut avoir de séduisant en élégance et en simplicité. Ce n'est pas dans ses détails intimes et minutieux que la biologie offre des faits entraînants par leur beauté et leur grandeur ; ces faits se rencontrent à chaque pas, quand, embrassant l'ensemble de cette science et de celles qui la touchent, on observe ce qu'elles ont de commun et de quelle manière l'une est l'appui indispensable de l'autre.

Ces expériences, d'une part, ne sont pas contredites par le fait indiqué plus haut de la décomposition des carbonates du sang par l'acide pneumique, d'où formation d'acide carbonique ; d'autre part, le dégagement d'acide carbonique par tout fragment des tissus encore humides d'un être organisé montre que c'est là une propriété qui leur appartient. Il faut la rapporter aux substances organiques, principes de composition chimique non définie, doués d'une instabilité particulière, qui est telle qu'ils se décomposent avec la plus grande facilité toutes les fois qu'ils sont placés dans des conditions où ils peuvent abandonner peu à peu, avec lenteur, leurs éléments chimiques, tandis qu'ils résistent généralement aux actions brusques. Les expériences déjà citées de Spallanzani montrent que les coquilles dégagent également de l'acide carbonique comme tout autre tissu ; mais, si l'on enlève ou détruit la substance organique, les sels calcaires ne fournissent pas de ce gaz. Une des conditions importantes de production de l'acide carbonique par la substance organisée, c'est une certaine élévation de la température. La quantité produite est proportionnelle au degré de chaleur de ces substances. Spallanzani a observé sur des fragments isolés et sur les animaux hibernants qu'ils n'en dégagent pas trace à la température de 12 à 8 degrés au-dessous de zéro, mais qu'à zéro, et au-dessous, il y en a même un peu de produit. Marchand a montré qu'après avoir débarrassé du sang de ses gaz, si l'on y fait passer un courant continu d'oxygène, qui, au sortir de là, passe dans l'eau de baryte, au bout de

quelques heures on a un précipité de carbonate de baryte (1).

Voilà donc une source de production d'acide carbonique à joindre à la décomposition des carbonates par l'acide pneumique. On ne sait en quelle proportion chacune d'elles concourt à la production de la masse totale de ce gaz rejeté chaque jour par l'organisme. Les expériences de Spallanzani montrent toutefois que cette quantité est, pour la substance organisée des Limaçons morts, de quatre à cinq fois plus petite que celle qui est rejetée par la respiration ; car l'animal mort donne dans un temps déterminé une quantité d'acide carbonique qui est à celle produite par l'être vivant comme 4 ou 5 : 20. Cette différence doit être beaucoup plus considérable chez les vertébrés, mammifères surtout, dont le poumon est bien plus vaste proportionnellement et la respiration plus active que chez les Gastéropodes.

Peut-être faut-il à ces deux conditions de formation d'acide carbonique en joindre une troisième qui serait la combustion lente, c'est-à-dire la combinaison directe d'oxygène aux principes des corps gras ; ce dont nous avons déjà parlé, t. Ier, p. 256, § 238. Mais cette source admise par les chimistes et beaucoup de médecins n'est qu'hypothétique ; elle n'a pour elle aucune expérience directe, si ce n'est ce fait, que les suifs et les huiles, quand ils sont mélangés de quelques substances organiques, absorbent l'oxygène de l'air et dégagent de l'acide carbonique.

Ainsi il y a si peu d'acide carbonique dans l'air, qu'on peut dire que tout celui que renferment le sang et l'intestin vient du corps même et se forme dans son intérieur. C'est un *produit* de l'organisme que les animaux rejettent dans les milieux ambiants, mais qu'ils ne lui empruntent pas. Ainsi l'acide carbonique tire son origine des tissus et des humeurs, et non du dehors.

De la production d'acide carbonique par décomposition des carbonates, résulte la formation de pneumate de soude, et peut-être aussi d'urate, hippurate, etc., de cette base.

(1) MARCHAND, *Journal für prakt. Chemie*, 1845, t. XXXV, p. 385.

On ne sait pas encore quel composé résulte de la production d'acide carbonique aux dépens des substances organiques. On ne sait pas en quoi les caractères de l'espèce se trouvent changés par suite de cet abandon d'une partie de leurs éléments chimiques; on ne sait si cet oxygène et ce carbone se trouvent immédiatement remplacés par suite du mouvement nutritif; ou si l'espèce de substance qui cède ces éléments, cède d'autre part de l'hydrogène, de l'azote et du soufre ou du phosphore, afin de conserver sa composition, en même temps qu'elle remplace ces corps par une égale quantité de quelque autre substance organique empruntée aux humeurs ambiantes qu'elle s'assimile par catalyse isomérique. C'est parce qu'à cet égard on ne peut encore faire que des suppositions, qu'il n'a pas été tenu compte des conditions de production d'acide carbonique que présentent les substances organiques, par suite de leur existence même, comme corps dont la composition chimique n'est pas définie. Or, bien que le fait de cette production soit des mieux démontrés, on a préféré lui substituer l'hypothèse de la combustion, parce que ces résultats de la combinaison se trouvent ici nettement déterminés et étudiés dans la généralité des cas chimiques, et présentaient une simplicité et une rigueur apparente à être supposés semblables dans les cas organiques.

744. — Les conditions d'issue de l'acide carbonique sont celles d'exosmose des gaz en général; les membranes pulmonaire et cutanée les présentent.

L'acide carbonique produit dans le poumon s'échappe en grande partie par les bronches. Les calculs de Burdach (1), exécutés d'après les recherches des expérimentateurs qui ont étudié le sujet, montrent qu'il sort en vingt-quatre heures 1172gram.,50 d'acide carbonique par le poumon; les recherches de M. Dumas donnent 1100 grammes ou environ (2). Par la peau il s'échappe seulement 17gram.,50 d'acide carbonique par jour (3).

(1) Burdach, *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. VII, p. 401.
(2) Dumas, *Traité de chimie*, in-8°. Paris, 1846, t. VIII, p. 458.
(3) Burdach, *loc. cit.*

Tout l'acide carbonique produit dans le poumon ne s'échappe pas par les bronches, il en reste une partie dans le sang artériel. C'est ici le cas de faire remarquer les particularités suivantes relatives aux expériences de Magnus. Elles montrent une prédominance de l'acide carbonique dans le sang artériel comparé au sang veineux, et pour cela elles ont quelquefois été mises en doute (1). Or, on ne peut s'empêcher de reconnaître qu'elles coïncident d'une manière frappante avec les expériences faites dans un but autre que les recherches du professeur de Berlin, et qui montrent que l'acide carbonique est produit dans le poumon par décomposition des carbonates à l'aide de l'acide pneumique.

C'est sans doute cet excès d'acide qui est la source de celui qui s'échappe par la peau, d'où vient que, chemin faisant, il diminue, et qu'il s'en trouve moins dans le sang veineux que dans l'artériel. *Peut-être* aussi une petite portion s'unit-elle aux carbonates (produits de la manière qui sera indiquée plus tard, ou empruntés aux aliments); de là, formation de bicarbonates. A cette source de l'acide s'échappant par la peau, il faut joindre celui que fournissent toutes les substances organiques, comme nous l'avons déjà exposé précédemment. Un peu d'acide carbonique du sang s'échappe non pas à l'état gazeux, mais à l'état de dissolution par les urines.

La salive parotidienne, ainsi que l'ont démontré les expériences de M. Cl. Bernard, laisse déposer du carbonate de chaux cristallisé, dès qu'on l'expose à l'air. Il ne serait pas impossible que ce sel eût été jusque-là maintenu en dissolution par un excès d'acide carbonique, qui, s'échappant au contact de l'air, laisse cristalliser le carbonate. Ce serait encore une voie d'élimination de l'acide carbonique; insignifiante presque sous le point de vue de la quantité expulsée ainsi, mais à prendre en considération en raison du rôle dissolvant du gaz.

Il est possible aussi que de l'acide carbonique du sang (qu'il soit venu de celui qui se forme dans le poumon, ou cédé

(1) GAY-LUSSAC, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1844, in-4°, t. XVI.

par les substances organiques, peu importe) soit exhalé dans la cavité de l'intestin, qu'un peu de cet acide carbonique des gaz intestinaux vienne du sang. Cet acide peut être versé, dissous dans les humeurs sécrétées par les follicules intestinaux, comme celui que contient l'urine, et se dégager ensuite ; ou peut-être provenir directement du sang par échange endosmotique entre lui et quelques gaz de l'intestin déjà formés, comme l'hydrogène. Ce ne peut pas être là le seul mode d'origine de l'acide carbonique intestinal. Il ne peut rendre compte de la formation de tout celui qu'on trouve dans les tympanites développées rapidement, soit chez l'homme, soit chez les ruminants. Une fois qu'il s'est développé ou introduit dans l'intestin, par les modes indiqués précédemment, de l'azote, de l'hydrogène ou de l'oxygène, ils s'échangent bien certainement avec un peu des gaz du sang. Mais il est probable qu'il se forme déjà en même temps qu'eux de l'acide carbonique. De plus, on sait qu'il s'en dégage dans le duodénum, sans doute par réaction du suc gastrique acide sur les sucs biliaires et pancréatiques, qui sont alcalins ; ce ne peut pas, du reste, être là une source très abondante de gaz carbonique, vu la petite quantité absolue de carbonates contenue dans ces liquides. On a quelquefois attribué à ces réactions purement et nettement chimiques l'origine de tous les gaz qu'on rencontre dans l'intestin ; mais elles ne peuvent certainement pas donner lieu spécialement au dégagement d'oxygène, d'hydrogène, et surtout d'azote, car les conditions nécessaires pour que ces gaz deviennent libres ne se rencontrent pas ici.

Nous avons déjà vu qu'il se forme de l'hydrogène dans l'estomac par des réactions que nous ne connaissons pas encore, et sans doute analogues à celles qui font que les substances organiques dégagent de l'azote et de l'acide carbonique lorsqu'elles s'altèrent. Il est probable que la majeure partie des gaz, carbonique aussi bien qu'azote ou oxygène, se forment dans des conditions analogues, selon la nature des liquides acides ou alcalins sécrétés par l'intestin où se trouvent pla-

cées ces matières. Les faits à l'appui de cette hypothèse sont, que certains aliments donnent plus facilement lieu au dégagement de gaz : tels sont les aliments farineux de la famille des légumineuses et autres; ceux de la famille des crucifères; les raisins et beaucoup de fruits charnus de la famille des rosacées. Tout ne dépend cependant pas des aliments, puisque tel d'entre eux est l'origine de ce dégagement chez un individu, et pas chez l'autre.

Les réactions purement chimiques entre sels et acides des sucs intestinaux peuvent seules rendre compte du développement de gaz, dans l'expérience où MM. Leuret et Lassaigne (1) ont vu des gaz se dégager dans une anse du jéjunum comprise entre deux ligatures ; et le dégagement n'eut pas lieu dans l'iléum disposé de la même manière. Cette expérience peut mener à comprendre comment il se fait qu'on trouve déjà des gaz dans l'intestin du fœtus. Elle montre aussi qu'il ne faut pas attribuer une bien grande importance à l'hypothèse de la *sécrétion* des gaz intestinaux, comparée à ce qui se passe dans la vessie natatoire des poissons. Il y a, dans ce cas-ci, un appareil vasculaire spécial qui manque dans l'intestin. Ce dernier organe ne peut guère présenter d'autres phénomènes que ceux d'échange entre gaz, les uns dissous dans un liquide, les autres à l'état de fluide élastique, comme ce qui se passe à la surface de la peau entre les gaz du sang de ses capillaires et l'atmosphère. Quant à une exhalation par flux ou *sécrétion* (2), comparable à celle qui s'observe pour les sucs intestinaux, rien ne la prouve; l'absence d'organes pour produire ce *flux* empêche de l'admettre, tandis que la présence des glandes intestinales et l'observation de leurs usages démontre la sécrétion d'un liquide intestinal.

L'acide carbonique intestinal, comme les autres gaz intestinaux, est rejeté au dehors, soit par l'anus. Nous avons dit déjà

(1) Leuret et Lassaigne, *Recherches pour servir à l'histoire de la digestion*, 1825.

(2) Baumès, *Traité des maladies venteuses, ou Lettres sur les effets de la présence des gaz ou vents dans les voies gastriques, etc.*, 2e édit. Paris, 1837, in-8°, p. 10-14-17 et suiv.

qu'il s'en échappe peut-être un peu par échange endosmotique avec les gaz du sang, des capillaires, fait qui ne peut être admis qu'avec doute jusqu'à ce qu'on ait expliqué pourquoi il n'y a pas d'oxygène donné en échange à l'intestin grêle, lequel ne contient pas de ce gaz, ainsi que nous l'avons vu (1).

745. — De l'acide carbonique peut se dégager, devenir libre dans les vaisseaux, et alors il amène la mort comme l'air introduit accidentellement dans les veines. Il faut dire cependant que des analyses de ces gaz n'ont pas encore été faites ; mais nos connaissances sur les gaz du sang, tels que l'oxygène, l'azote et l'acide carbonique, sont arrivées à un degré de précision assez grand pour que nous n'ayons pas à nous occuper des deux premiers lorsqu'on parle de fluides aériformes dégagés dans les vaisseaux sans perforation de ceux-ci. Les expériences directes de M. Cl. Bernard et l'étude des principes immédiats viennent, non pas vider la question directement, mais elles apportent des notions qui doivent y conduire, qui la sortent du vague et de l'indécision où l'on se trouvait à son égard. On a parlé de *sécrétion* gazeuse par le sang ; il est facile de voir que ce mot ne sert qu'à masquer, dans la bouche de ceux qui l'emploient, l'absence de notions positives sur les conditions de formation des gaz dans l'économie, d'une part, et de l'autre l'absence d'idée nette sur ce que le terme *sécrétion* désigne. Sécréter désigne cette propriété qu'ont tous les tissus de *séparer du sang* un liquide (ou un gaz, vessie natatoire) qui diffère du sang, et qui n'est jamais séparé identique avec lui-même par deux tissus différents. Pour qu'il y ait sécrétion, il faut un solide qui soit essentiellement actif, et un liquide qui fournisse les matériaux *à sécréter* (*secernere*). Maintenant, parmi les tissus, il s'en trouve qui ont une disposition spéciale, et ont reçu le nom de parenchymes ; ceux-là fournissent des sécrétions spéciales, et, disposés en organes, ils constituent les glandes. Or le sang ne présente, comme on le voit facilement, aucune de ces conditions, ni générales pour tous les tissus, ni de celles spéciales aux parenchymes. Le

(1) CHEVREUL, *loc. cit.*, 1816.

mot *sécrétion*, ainsi employé, est un non-sens. On connaît dans l'économie trois conditions de dégagement des gaz :

1° Expulsion d'un gaz dissous par un autre gaz : de l'acide carbonique du sang par l'oxygène des bronches.

2° Déplacement chimique de l'acide des carbonates et bicarbonates par l'acide pneumique.

Il faut noter ici que l'on ne sait pas encore d'une manière précise quels sont les actes chimiques se passant dans les substances organiques, et surtout dans la substance organisée, par suite desquels ces matières se dégagent de l'acide carbonique, propriété démontrée par Spallanzani ; ce sera probablement une condition de dégagement à joindre aux précédentes lorsqu'elle sera déterminée chimiquement.

3° Une dernière condition de dégagement des gaz dans l'économie, c'est la *putréfaction* des substances organiques ; acte chimique indirect dont le mode d'accomplissement est assez connu pour que ce terme ne soit plus employé comme moyen de masquer notre ignorance, mais bien comme désignant un fait pouvant être reproduit à volonté avec les mêmes résultats, ou modifié à volonté en changeant ses conditions d'effectuation (voy. t. Ier, p. 525); bien que pour chacun des produits de la putréfaction, pris à part, on ne connaisse pas toujours exactement la manière dont leurs éléments quittent la substance qu'ils composaient pour venir les former. Or, dans les cas de dégagement de gaz dans le sang qui ont été observés, ce ne sont ni ces dernières ni les premières de ces conditions qui se rencontrent. Ce sont plutôt celles du déplacement de l'acide des bicarbonates et des carbonates par un acide : l'acide pneumique, par exemple, produit en plus grande quantité qu'à l'état normal, par suite de conditions encore à déterminer et hypothétiques seulement; ou par suite de la présence d'une trop grande quantité de bicarbonate, plaçant l'homme dans les conditions des animaux sur lesquels M. Cl. Bernard, injectant beaucoup de ces sels, voyait se développer dans leurs veines de l'acide carbonique qui les tuait comme dans les cas d'introduction de l'air dans les veines.

En effet, dans les observations de dégagement spontané de gaz dans le sang, rapportées par Morgagni (1), Ollivier (2), Reyrolle (3), Gosselin (4), Malgaigne (5) et Durand-Fardel (6), les conditions de putréfaction n'existaient pas. Peut-être y aurait-il à voir expérimentalement si la présence d'une trop grande quantité de chloroforme dans le sang introduite par inspirations rapides ne ferait pas perdre aux globules leur propriété dissolvante pour l'oxygène et l'acide carbonique, et ne deviendrait pas ainsi une cause de dégagement de ces gaz dans les vaisseaux. C'est ce qui semble résulter de quelques unes des expériences de M. Gosselin, par inspiration du chloroforme. Pourtant il faut dire que jamais il n'a trouvé de gaz dans les vaisseaux quand il a tué les animaux par injection du chloroforme dans le sang.

Quant aux cas de formation de gaz carbonique, cités par nombre d'auteurs, dans les plèvres, le péritoine, la tunique vaginale, le tissu cellulaire, etc., contenant du pus, ou dans les abcès, toutes les conditions de putréfaction se rencontrant ici, on ne peut s'empêcher de reconnaître que c'est par ce mode de production que cet acide s'est dégagé. Inutile donc de s'arrêter davantage sur ce point dont nous reparlerons dans les chapitres suivants.

746. — M. Doyère a observé que dans la période algide du choléra, la proportion d'acide carbonique tombe à 10 ou 20 pour 1000 de gaz inspiré, et revient peu à peu à 20, 25 et même 30, à mesure de la convalescence. Peu d'heures avant la mort, la

(1) Morgagni, *De sedibus et causis morborum per anatomem indagatis*, edente Tissot. Ebroduni, 1779, in-4°, epist. V, n° 19, etc.

(2) Ollivier, *Considérat. médico-légales sur les morts subites* (*Arch. gén. de méd.*, 1838, t. I, p. 29-41).

(3) Reyrolle, *Sur un nouveau genre de pneumatoses se développant à la suite d'hémorrhagies abondantes* (*Thèses de Paris*, 1832, in-4°).

(4) Gosselin, *Recherches sur les causes de la mort subite par l'influence du chloroforme* (*Arch. gén. de médecine*, 1848, t. XVIII, p. 385).

(5) Malgaigne, *Rapport sur divers cas de mort par le chloroforme* (*Bull. de l'Acad. nat. de méd. de Paris*, 1848, t. XIV, p. 209).

(6) Durand-Fardel, *Du développement spontané de gaz dans le sang, considéré comme cause de mort subite* (*Bull. de l'Acad. nat. de médecine*, 1851, t. XVII, p. 214).

température du corps s'élève un peu (2 à 5 degrés) au-dessus de ce qu'elle était dans la période algide ; c'est pourtant à ce moment que la quantité d'acide carbonique expiré tombe au minimum, c'est-à-dire 10 pour 1000 d'air inspiré (1).

Les accès de fièvres intermittentes, le *scorbut*, le *purpura*, les phlegmasies augmentent la quantité du gaz carbonique expiré, à l'exception de la pneumonie, pleurésie, péricardite et des phelgmasies qui gênent la respiration et la circulation. Il diminue dans la phthisie, la variole, la rougeole, érysipèle, roséole, scarlatine, érythème, pendant le travail de la suppuration, pendant la fièvre typhoïde, la dyssenterie, les diarrhées chroniques (2).

Hannover a trouvé que les femme chlorotiques expirent plus d'acide carbonique que celles qui sont à l'état normal ; les hommes et les femmes affectés de phthisie en expirent beaucoup moins qu'en bonne santé ; la bronchite n'a pas d'influence sur la quantité expirée (3).

747.— M. Lassaigne a observé que la quantité d'acide carbonique exhalée en une heure par les animaux donne les résultats suivants (temp. 0°, bar. 0,76) :

Taureau	271,10	536,77
Bélier de 8 mois	35,25	109,35
Chèvre de 8 ans	21,48	42,53
Chevreau de 5 mois	11,60	22,96
Chien de chasse	18,31	36,25

Cette quantité diminue dans les affections qui annoncent une gêne matérielle des mouvements, elle augmenterait dans les affections aiguës inflammatoires (4).

Actes manifestés par l'acide carbonique dans l'économie.

748. — La production de l'acide carbonique dans le poumon par dé-

(1) Doyère, *Études sur la composition de l'air expiré par les cholériques* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, in-4°, 1848, t. XXVIII, p. 636, et t. XXIX, p. 454).

(2) Hervier et Saint-Lager, *Recherches sur les quantités d'acide carbonique exhalé par le poumon dans l'état de santé et de maladie* (*Annuaire de chimie*, par Millon et Reiset, 1849, p. 598).

(3) Hannover, *De quantitate relativa et absoluta acidi carbonici ab homine sano et ægroto exhalati*. Haniæ, in-8°, 1845.

(4) Lassaigne, *Journal de chimie médicale*, 1848, t. V, p. 13 et p. 253.

composition des carbonates est un acte chimique direct. Le passage de ce corps à l'état gazeux ne peut, pas plus que l'évaporation de l'eau, être une source de production de chaleur.

Quant à l'acide carbonique, que toute substance organisée a la propriété de céder, même dans l'azote, etc., on ne sait pas encore si sa production a pour résultat le dégagement de chaleur. Nous avons vu que ce mode de formation de l'acide carbonique est probablement une source partielle de celui qui s'échape par les poumons; car il n'est pas probable qu'il vienne en entier de la décomposition des carbonates par l'acide pneumique.

Nous savons de plus que les animaux peuvent, dans certaines circonstances de régime alimentaire, expulser plus d'acide carbonique que l'oxygène qu'ils fixent n'en peut former. Ce fait montre qu'on ne saurait admettre que l'acide soit formé nécessairement par combustion. De plus, nous avons vu, en traitant de l'oxygène, que le fait de sa combinalson au carbone des principes azotés ou non, avec production d'acide carbonique, n'était pas démontré.

Les substances organiques des parties solides et liquides du corps, qui passent par désassimilation à l'état de corps cristallisable ou volatil, et sont expulsées de l'organisme, sont formées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Ces substances ne se détruisent jamais complétement jusqu'à l'état de corps simples ou même binaires; une portion passe à l'état d'autres principes, de caractères spécifiques différents, qui jouent des rôles plus spéciaux dans l'économie animale, ou s'échappent par les excrétions, comme l'urée et l'acide urique. Lorsqu'elles perdent un état spécifique pour en acquérir un autre, l'oxygène, l'hydrogène, le carbone, etc., qu'elles cèdent, contribuent à la formation de l'acide carbonique et peut-être de l'eau, ce qui est plus douteux; mais la chaleur qui se dégage alors est nécessairement bien différente de celle que produiraient, en se brûlant, le carbone et l'hydrogène supposés libres.

« Or, dit M. Regnault, dans toutes ces transformations et dans les assimilations de substances qui ont lieu dans les organes, il y a dégagement ou absorption de chaleur; mais les phénomènes sont évidemment, tellement complexes, qu'il est peu probable que l'on parvienne jamais à les soumettre au calcul (1). »

749. — Entraînés sans doute par cette idée que tout ce qui existe et se passe dans l'économie est nécessairement utile, c'est-à-dire inévitablement et indispensablement utile, quelques auteurs ont voulu faire jouer un rôle chimique aux gaz intestinaux (2); usage que ni leur nature ni celle des actes digestifs n'indiquent. Ce sont des produits destinés à être expulsés, et qui ne jouent qu'un rôle purement mécanique quand

(1) Regnault, *Cours élément. de chimie.* Paris, 1850, in-18, p. 869.
(2) Graves, *Arch. gén. de méd.*, 1828, t. XII, p. 96.

ils existent. Leur compressibilité et leur élasticité font qu'ils préservent les autres viscères des chocs dus à chaque oscillation produite pendant la marche ; de plus, ils répartissent d'une manière égale la pression alternative exercée sur ces organes par les parois abdominales et le diaphragme (1).

Dans le sang l'acide carbonique ne semble jouer d'autre rôle que celui d'un produit destiné à être expulsé et nuisible dès que, par une cause quelconque, il ne peut être rejeté à mesure qu'il se forme ou qu'il est formé en excès.

On sait qu'alors les globules du sang prennent la teinte violette du sang veineux, et en même temps ils deviennent mous et diffluents; ils peuvent alors traverser le filtre. Il faut du reste, pour cela, que l'oxygène manque, car nous avons vu que ce dernier produit les effets contraires. Comme il y a réellement plus d'acide carbonique dans le sang artériel que dans le sang veineux, c'est plutôt à l'absence d'oxygène qu'à la présence de l'acide carbonique qu'il faut attribuer le ramollissement des globules, leur coloration foncée ; à moins qu'il ne soit dû à un excès d'acide carbonique sur l'oxygène.

Quant à l'effet de l'acide carbonique en excès dans le sérum ou les globules, sur l'appareil nerveux cérébral, les muscles, etc., ce serait entrer dans le domaine de la physiologie que de vouloir en parler ici, où nous ne devons envisager que les effets immédiats de chaque principe sur les autres, ou tout au plus sur les humeurs et les éléments qu'ils forment en se réunissant.

750. — La présence de l'acide carbonique dans l'économie animale est directement antagoniste de celle de l'oxygène. Il est sans cesse expulsé, et la facilité, la régularité de son expulsion est une des conditions d'existence des animaux ; plus elle est facile, plus se trouve facilité l'accomplissement des fonctions, et *vice versâ*. Une trop grande quantité dans l'atmosphère finirait donc par déterminer la mort des animaux ; c'est ce qui arrive dans quelques circonstances accidentelles; c'est ce qui arriverait à la longue d'une manière générale, si cet acide carbonique incessamment rejeté par les animaux, qui est une des conditions d'existence des plantes, n'était incessamment absorbé par elles, et remplacé par de l'oxygène. Ils opèrent ainsi sur ces deux principes immédiats, oxygène et acide carbonique, une action inverse, de sorte que les uns sont condition d'existence pour les autres, et réciproquement; non seulement, sous le rapport des matériaux solides de la nutrition, mais encore sous celui des principes gazeux. Les uns rendent à l'atmosphère les principes que les autres lui enlèvent, et qui sont nécessaires à ceux-ci. Les plantes prennent l'acide carbonique, nuisible aux animaux, ou assimilent le carbone et rejettent l'oxygène ; les animaux prennent l'oxygène et rejettent de l'acide

(1) MAISSIAT, *loc. cit.*, 1841, p. 225 et suiv.

carbonique nécessaire à la vie des plantes. Sans ce dernier acte, les plantes ne pourraient exister, et sans le premier, les animaux ne tarderaient pas à mourir.

751. — D'après les expériences de Magnus (1), en réponse aux objections de Gay-Lussac et de M. Magendie (2), il ne faut pas admettre que l'absence d'acide carbonique soit cause de l'artérialisation des globules (3) ; mais que c'est surtout à l'excès d'oxygène qu'ils renferment dans le sang artériel qu'est due leur coloration rouge et leur fermeté. C'est à l'absence de ce dernier gaz qu'est due leur coloration violette et la mollesse qui leur permet de traverser alors le filtre. Mais la présence de l'acide carbonique n'empêche pas l'artérialisation, puisque le sang artériel en contient plus que l'autre.

Procédés d'extraction.

752.— Les procédés d'extraction pour l'acide carbonique comme principe immédiat ne présentent rien de particulier, et consistent à le chasser, soit d'un organe qui le renferme, en le pressant sous l'eau ou le mercure, pour le recueillir dans une cloche ou une éprouvette, soit en faisant passer un courant de gaz hydrogène dans le liquide qui le retient en dissolution.

Pour constater la présence de l'acide carbonique, il suffit de le mettre en contact avec l'eau de chaux ou de baryte, avec laquelle il formera un carbonate insoluble.

Historique.

753. — Les phases qu'ont subies nos connaissances pour arriver où elles en sont, ne diffèrent presque pas de celles déjà indiquées pour l'oxygène et l'azote, car ces gaz ont presque toujours été étudiés simultanément et par les mêmes auteurs.

Le premier auteur qui paraît avoir démontré l'existence des gaz, et par suite, de l'acide carbonique dans le sang, est Hales, en 1744 (4). Deyeux et Parmentier (5) considèrent ce gaz comme étant de l'air atmosphérique, mais ils avouent que toutes leurs expériences ne s'accordent pas. Ackermann le regardait comme de l'oxygène (6). Déjà, auparavant, H. Davy avait cependant montré que le gaz dégageait, contenait de l'oxygène et de

(1) Magnus, *loc. cit.*, 1846.

(2) Gay-Lussac, *loc. cit.*, 1844. — *Ann. de phys. et de chim.*, 1844, p. 1. — *Ann. de chim.* de Millon et Reiset. Paris, 1845, p. 510.

(3) Magnus, *loc. cit.*, 1837.

(4) Hales, *Hémostatique ou la statique des animaux : Expér. hydraul. sur les anim. vivants*, trad. de Sauvages, in-4°, 1744.

(5) Parmentier et Deyeux, *Journ. de phys. et de chim.*, 1794. — *Mémoire sur le sang*. Paris, 1791, in-4°.

(6) Ackermann, *Comment. de combustionis lentæ pharm. quæ vitam organic. constituunt*, 1805, p. 7.

l'acide carbonique en quantité double à peu près (1). Cependant le fait fut nié par J. Davy (2), par Mitscherlisch, Tiedemann et Gmelin (3).

A la même époque pourtant plusieurs auteurs venaient confirmer les recherches de H. Davy : tels sont Vogel (4), Brandes, qui en admit une trop grande quantité (5), ainsi que Home (6), Krimer (7), Scudamore (8) et Read Clanny (9). Vogel fut le premier qui donna la démonstration du fait à l'aide de la machine pneumatique. Enschut démontra le premier que les deux sangs renferment de l'acide carbonique ; il trouva que le sang artériel en contient moins que le veineux (10), fait qui depuis a été trouvé le même par M. Magendie (11).

Ce fut Stevens, en 1832 (12), suivi presque immédiatement par Hoffmann (13), qui montra le premier que l'agitation avec d'autres gaz ou un courant d'hydrogène, déplace les gaz contenus dans le sang. Depuis lors les travaux de Magnus, fondés sur la connaissance de ce fait, ont fait connaître les proportions des gaz du sang et celles que renferment les divers sangs (14) ; faits confirmés par Bischoff (15). De nouvelles expériences entreprises à la suite des observations critiques de Gay-Lussac (16) sur la théorie de la respiration qu'il avait basée sur ses expériences, ont encore donné à Magnus des résultats identiques avec ceux des premières (17), et il en fut de même de celles de Marchand (18) et de Lehmann dont nous avons parlé précédemment (19).

(1) H. Davy, *loc. cit.*, 1799.
(2) J. Davy, *loc. cit.*, 1815.
(3) Dans Mitscherlich, *Versuche über das Blut* dans Tiedemann et Treviranus, *Zeitschrift für Physiologie*. Heidelberg, 1833, t. V, p. 1 et suiv.
(4) Vogel, *De l'exist. de l'acide carbon. dans le sang* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1815, t. XCIII, p. 71).
(5) Brandes, *loc. cit.*, 1818.
(6) E. Home, *Philosoph. transact.*, 1818, p. 172.
(7) Krimer, *Versuch eier Physiologie des Blutes*, 1823, p. 181-184.
(8) Scudamore, *Essay on the blood*, 1824.
(9) Read Clanny, *Lect. on typhus and the changes of blood in it*, 1828.
(10) Enschut, *loc. cit.*, 1830.
(11) Magendie dans Gay-Lussac, *loc. cit.*, 1844.
(12) Stevens, *Obs. on the healthy and discased properties on the blood*, etc. (*Lond. med. Gaz.*, 1833, t. II, p. 881).
(13) Hoffmann, *Experiment on the colour of the blood*, etc. (*London medical Gazette*, 1833, t. XI, p. 881).
(14) Magnus, *Ueber die im Blute erhartenenen Gase d'Sauerstoff, Stikstoff und Kohlensaeure* (*Annalen der Physik und Chemie*, 1837, t. XL, p. 538).
(15) Bischoff, *loc. cit.*, 1837.
(16) Gay-Lussac, *loc. cit.*, 1844.
(17) Magnus, *loc. cit.*, 1846.
(18) Marchand, *loc. cit.*, 1847.
(19) Lehmann, *loc. cit.*, 1847.

754. — Relativement à l'acide carbonique des poumons, nos connaissances ont suivi les mêmes phases à peu près que pour le sang. Seulement la possibilité d'agir sur une plus grande quantité de gaz, la facilité avec laquelle on les obtient, la certitude de leur origine ont permis d'arriver bien plutôt à en établir les proportions que dans le sang.

Mayow paraît être le premier qui, en 1668, ait observé que la respiration imprime à l'air des changements analogues à celui que lui fait subir le charbon qui brûle (1). Priestley (2) et Lavoisier (3) ont ensuite montré que c'est de l'acide carbonique qui s'est produit en même temps que de l'oxygène a disparu. Celui-ci détermina le premier la quantité d'acide, mais donna des chiffres trop forts, il en fut de même de Seguin (4). Menzies fut le premier qui s'approcha le plus de la vérité, il indiqua 5 pour 100 d'acide dans l'air expiré (5) ; mais Berthollet arriva à des chiffres trop forts, il indique au moins 5,53 pour 100 (6) et 8 à 10 pour 100 au plus.

En 1793, Abernethy (7) et surtout H. Davy (8) arrivèrent aux chiffres que les procédés plus exacts de nos jours, ont simplement confirmés, ils indiquent 3,95 pour 100 à 4,50 pour 100. Jurine (9), Allen et Pepys (10), Nysten (11), dont les recherches se succédèrent en 1807, 1808 et 1811, arrivèrent à des chiffres qui dépassaient de beaucoup la moyenne exacte donnée par les auteurs précédents.

Beaucoup d'autres auteurs à la même époque et postérieurement, tels que Prout qui avait indiqué le chiffre assez exact de 3 à 4 p. 100 (12), Cou-

(1) Mayow, *Tractatus II de respiratione, de rachitide*. Oxford, 1668; in-12.

(2) Priestley, *Observat. on respiration, and the use of the blood* (*Philosoph. transact.*, 1776, p. 226).

(3) Lavoisier, *Expér. sur la respir. des animaux et les changements qui arrivent à l'air en passant par leur poumon* (*Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1777, p. 185, et 1780, p. 102).

(4) Seguin, *loc. cit.*, 1789.

(5) Menzies, *Dissertatio de respiratione*, 1790, et dans Crell, *Chemischen Annalen*, t. II, 1794, p. 33.

(6) Berthollet, *Mém. de la Soc. d'Arcueil*. Paris, 1809, t. II, p. 454.

(7) J. Abernethy, *Surgical and physiological essays*. London, 1793-1777, in-8°; traduct. allemande, Leipzik, 1795.

(8) Davy, *Researches chemical and philosophical chiefly concerning nitrous oxyde and respiration*, 1800.

(9) Jurine dans Sennebier, *Rapports de l'air avec les êtres organisés*, tirés de journaux d'observations et d'expériences de Spallanzani, 1807, t. II, p. 5, 133 et 272.

(10) Allen et Pepys, *loc. cit.*, 1808.

(11) Nysten, *Rech. de physiol. et de chimie pathologique*. Paris, 1811.

(12) Prout dans Schweigger's, *Journal für Chemie*, 1815, t. XV, p. 47.

tanceau (1), Dulong (2), Despretz (3), Legallois (4), Apjohn (5), Bostock (6), sont arrivés à des nombres assez analogues, lorsqu'on tient compte des espèces animales sur lesquelles ils ont expérimenté.

D'après W. Edwards, la respiration n'est plus un procédé purement chimique, une simple combustion où l'oxygène de l'air inspiré s'unirait au carbone du sang pour former de l'acide carbonique qui serait expulsé aussitôt. C'est une fonction composée de plusieurs actes. Les proportions relatives d'oxygène et d'acide carbonique exhalé sont variables; la quantité d'acide carbonique exhalé peut être en plus grande quantité que celle de l'oxygène inspiré, elle peut être égale ou moindre. L'acide carbonique se produit dans l'hydrogène comme dans l'air. Il se forme dans le sang, mais il n'indique pas le mode de cette formation (7).

Coathupe a trouvé 4 pour 100 d'acide carbonique dans l'air rejeté par l'adulte; les extrêmes sont 1,90 et 7,98 pour 100. Il a vu, comme Proust, que cette quantité varie avec les heures du jour (8).

Liebig signale dans son traité de chimie animale, qu'un homme de taille moyenne et en pleine santé perd journellement par la peau et les poumons 444 grammes de carbone sous forme d'acide carbonique, comme combustible pour l'entretien de la chaleur du corps. Cette quantité n'a été déterminée qu'indirectement, en pesant les aliments dont on connaissait la composition et en pesant les pertes d'urine et de fèces, dont la quantité de carbone était regardée comme connue. L'excès de carbone était considéré comme consommé par la combustion. Cette quantité, considérée comme énorme par Scharling, lui a fait entreprendre des expériences dans lesquelles il enferme un homme dans une petite chambre hermétiquement close, traversée par un courant d'air qui laissait en entrant son acide carbonique dans la potasse, et en recueillait l'acide de l'air qui sortait dans de la potasse aussi, après lui avoir fait traverser de l'acide sulfurique concentré pour le priver d'eau. On tenait compte aussi de la quantité contenue dans l'appartement avant et après l'expérience. Il a obtenu ainsi les résultats suivants :

(1) Coutanceau, *Révision des nouvelles doctrines chimico-physiol., suivies d'expér. relatives à la respiration*, 1814, in-8°, p. 285.

(2) Dulong, *loc. cit.*, 1823.

(3) Despretz, *loc. cit.*, 1824.

(4) Legallois, *OEuvres complètes*. Paris, 1824, t. II, p. 65.

(5) Apjohn, *Experim. relative to the carbonic acid of expired air in health*, etc. (*Dublin hospital reports*, 1830, t. V, p. 525).

(6) Bostock, *An essay on respiration*, 1804.

(7) Edwards, *De l'infl. des agents physiques sur la vie*. Paris, in-8°, 1824, p. 420 à 467.

(8) Coathupe, *Philosophical magazine*, 1839, t. XIV, p. 401.

Age.	Sexe.	Poids. kil.	Perte de carbone en 24 heures. gr.
35	Homme.	65,500	225,80
16	—	57,750	240,50
28	—	82,000	256,85
9	—	22,000	130,75
19	Femme.	55,750	177,45
10	—	23,000	80,95

Scharling a reconnu, de plus, que la quantité expirée varie suivant les conditions dans lesquelles on se trouve, et que, par exemple, il y a plus d'acide expiré après le repos qu'avant; elle était plus forte aussi lorsque l'expérience était faite après avoir pris de l'exercice. La quantité expirée pendant le sommeil est à celle rendue pendant la veille :: 4 : 5. La quantité n'est pas proportionnelle au poids du corps (1).

D'après Vierordt, la quantité d'acide carbonique exhalé peut varier, même quand on reste tranquille, entre 174 et 470 centimètres cubes (2).

Scharling (3) a observé qu'on exhale en vingt-quatre heures :

	Par la peau. gr.	Par la bouche et le nez. gr.
Homme..............	0,373	11,367
Garçon d'environ 10 ans.	0,124	6,426
Jeune fille de 10 ans....	0,124	6,072
Fille de 19 ans........	0,272	8,044

Enfin, cette quantité a été déterminée de nos jours d'une manière précise par M. Dumas (4), qui, ainsi que nous l'avons vu, indique le chiffre 3 à 5 pour 100 de la quantité d'air expiré.

Depuis lors, MM. Regnault et Reiset ont montré que la quantité d'acide carbonique expiré par un chien en vingt à vingt-quatre heures est environ égale *en poids* à celle de l'oxygène absorbé ; elle ne la dépasse que de 3 à 6 grammes. Chez le lapin, l'excès en poids de l'acide carbonique sur l'oxygène est plus considérable ; il s'élève, pour quarante-deux heures, à 30 grammes, soit 15 grammes au lieu de 3 à 6 grammes pour vingt à vingt-quatre heures (5).

Brunner et Valentin (6) ont également cherché à déterminer le poids de carbone brûlé en un temps donné, et d'autres auteurs encore ont fait des recherches analogues sur l'homme à l'état de santé et de maladie ;

(1) Scharling dans Berzelius, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie pour* 1842. Traduct. fr., Paris, 1844, in-8°, p. 347-348.

(2) Vierordt, *Recherches expérimentales concernant l'influence de la fréquence des mouvements respir. sur l'exhalat. de l'acide carbonique* (*Compt. rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, in-4°, t. XIX, p. 1033).

(3) Scharling, *Journal für prakt. Chemie*, 1846, t. XXXVI, p. 454.

(4) Dumas, *loc. cit.*, 1841. — *Traité de chimie*, t. VIII, 1846.

(5) Regnault et Reiset, *loc. cit.*, 1848.

(6) Brunner et Valentin, *Pharm. cent. Blatt.*, 1843, vol. V, p. 757.

mais ces recherches ne se rapportent plus assez directement à notre sujet pour qu'il en soit fait mention. C'est en physiologie qu'il sera possible d'en utiliser les résultats. Il est, du reste, facile de reconnaître qu'au milieu de cette quantité indigeste de travaux qu'ont fait entreprendre les diverses théories physico-chimiques de la respiration, ceux de Lavoisier, Berthollet, Seguin, Jurine, Spallanzani, Abernethy et H. Davy, sont les seuls fondamentaux, et que, depuis ce dernier, il n'a rien été fait d'important que les travaux confirmatifs et complémentaires.

En traitant de l'eau et d'autres principes immédiats, nous reconnaîtrons encore plus d'une fois qu'en substituant l'histoire de la science, ou de chacune de ses parties, à l'érudition indigeste qui a envahi l'anatomie, la physiologie et la pathologie, depuis que les doctrines anciennes sont usées sans avoir été remplacées par d'autres, on peut en tirer parti pour la connaissance exacte des faits. On voit alors que, tant qu'il n'a pas été possible de connaître au juste les limites extrêmes de la science des corps organisés, tant qu'on n'a pu la parcourir avec autant de facilité en procédant des parties simples aux parties composées qu'en procédant en sens inverse, comme on l'a toujours fait, il était impossible de rassembler les faits scientifiques dans un ordre rationnel. On reconnaît alors comment il se fait que beaucoup d'observations anatomiques, la plupart même de celles qui sont importantes, se trouvent renfermées dans les traités de physiologie ; on reconnaît que ce sont les théories qui ont successivement été remplacées les unes par les autres qui ont fait faire habituellement ces recherches dans un but tout autre que celui auquel elles peuvent être utiles directement. Seulement, pour avoir voulu prolonger le règne de ces théories, alors même qu'elles étaient reconnues fausses, le nombre des observations sur le même sujet s'est très souvent multiplié tout à fait inutilement ; de là le peu de nécessité de citer tous ceux qui ont écrit sur les mêmes matières, quand ils n'ont fait que répéter les résultats déjà obtenus.

755. — L'exhalation de l'acide carbonique par la peau, très considérable chez les invertébrés et les vertébrés à sang froid, l'est beaucoup moins chez les animaux qui ont des organes respiratoires très développés.

Le premier auteur qui l'observa chez l'homme est Milly, en 1777 (1) ; il en recueillit 26 pouces cubes en deux heures, dans un bain, avec un entonnoir. Cruickshank constata également des faits analogues (2). Abernethy (3), en plongeant sa main sous le mercure, en recueillit en deux heures un volume qui dépassait celui d'une once d'eau ; il y avait de plus

(1) Milly, *Hist. de l'Acad. des sc. de Paris*, pour 1777, in-4°, p. 361.
(2) Cruickshank, *Anat. des vaisseaux absorbants*, 1787.
(3) Abernethy, *loc. cit.*, 1793.

un tiers d'azote. Jurine (1) et Collard de Martigny (2) ont trouvé que tantôt la peau exhale de l'acide carbonique pur, tantôt de l'acide mêlé d'azote, mais en proportions très variables. Mackenzie et Ellis avaient, du reste, déjà confirmé une partie des faits observés avant eux, et constaté la présence de l'acide carbonique dans les gaz exhalés par la peau (3).

Nous avons cité les principaux auteurs qui ont parlé de l'acide carbonique qui existe dans les intestins; il est par conséquent inutile d'en reprendre l'historique, qui n'offre rien d'intéressant. Nous citerons l'indication de la présence du gaz carbonique dans l'urine, par Proust (4), et plus tard par Vogel (5), qui croyait que, même à l'état le plus frais, l'urine d'homme contient de cet acide libre.

756. — Il nous resterait ici à résumer cet historique en indiquant les corps desquels on a fait, dans les diverses hypothèses, dériver l'acide carbonique par combustion de leur carbone à l'aide de l'oxygène inspiré. Ce sont les substances dont nous avons donné les listes page 53. Mais il est inutile de reprendre cette discussion, car ce serait répéter, à propos de l'acide carbonique, ce que nous avons dit en suivant l'oxygène partout où on l'a fait se combiner; puisque l'on n'a jamais fait venir cet acide carbonique d'une autre source que de la combinaison de l'oxygène inspiré au carbone de ces substances. Relativement à la chaleur produite, depuis longtemps aussi on a cherché à la rattacher à la quantité d'oxygène absorbé, de manière qu'on pût juger de l'une par l'autre; car depuis longtemps on a reconnu, ainsi que nous l'avons vu, que la quantité d'acide exhalé est en volume plus petite que celle de l'oxygène absorbé; ou, si l'on veut, que le poids d'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhalé est moindre que le poids de celui qui est emprunté en nature à l'atmosphère. Il en résulte qu'on ne pouvait chercher à calculer la quantité de chaleur produite par celle d'acide rejeté, d'autant plus que cette dernière varie avec la nature et la quantité des aliments.

(1) Jurine dans Sennebier, *loc. cit.*, 1810.

(2) Collard de Martigny, *loc. cit.*, 1827.

(3) Mackenzie et Ellis, dans Ellis, *Inquiry into the changes produced on the atmospheric air by the germination*, etc. Edinburgh, 1807. Analysé dans Meckel, *Archiv. für Physiol.*, t. III, 1817, p. 608.

(4) Proust, *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, 1800, p. 275.

(5) Vogel, *De l'exist. de l'acide carb. dans l'urine, dans le lait, dans la bile et dans le sang* (*Ann. de chim.*, t. XCIII, Paris, 1815, p. 71).

CHAPITRE V.

HYDROGÈNE CARBONÉ (PROTO-CARBONÉ).

Synonymie : *Gaz inflammable des marais à l'état de pureté, hydrogène carburé des marais, hydrogène proto-carburé, proto-carbure d'hydrogène.*

757. — Ce principe immédiat est un produit de l'organisme qui ne se trouve dans le corps qu'en très petite quantité, laquelle n'a même pas pu être calculée. Il n'existe d'une manière constante que dans les gaz expirés (1). Chaque mouvement respiratoire en expulse une quantité appréciable, mais qu'on ne peut déterminer en chiffres.

On en trouve en plus grande quantité dans l'intestin à l'état normal (2). Il n'existe du reste que dans le gros intestin : M. Chevreul en indique 5,47 pour 100 à 11,60 dans le gros intestin ; 12,50 dans le cœcum et de 11,18 dans le rectum (3). Cependant MM. Leuret et Lassaigne (4) en ont trouvé 10 pour 100 dans l'intestin grêle d'un chien bien portant et 40 pour 100 dans son gros intestin. Vauquelin en a également trouvé dans l'intestin de l'éléphant (5). M. Chevillot (6) en a trouvé, mais rarement, dans l'intestin des cadavres (10 fois sur 95) ; une seule fois il y en avait dans l'intestin grêle et toutes les autres fois dans le gros intestin. La quantité n'a jamais dépassé 18 pour 100. M. Lassaigne en a trouvé, mais en petite quantité, dans le gaz de la panse des vaches météorisées (7), il y en avait 6 pour 100. On ne peut savoir d'une manière précise de quelle manière se forme l'hydrogène carboné dans l'intestin quelles sont les réactions qui lui donnent naissance. C'est sans doute par décomposition de l'eau et de quelques matières végétales, par des réactions analogues à celles qui

(1) Regnault, *Cours élémentaire de chimie.*
(2) Chevreul, *loc. cit.*, 1816.
(3) Lassaigne et Leuret, *loc. cit.*, 1825.
(4) Jurine, *loc. cit.*, 1788.
(5) Chevillot, *loc. cit.*, 1827.
(6) Vauquelin, *loc. cit.*, 1817.
(7) Lassaigne, *loc. cit.*, 1830.

se passent dans les marais, mais on ne peut les déterminer. Ce gaz est, comme l'acide carbonique, un produit destiné à être expulsé. Outre celui qui est rejeté par le rectum, il faut tenir compte de la portion qu'exhalent les poumons et qui probablement vient du sang, lequel l'a puisé par échange endosmotique dans l'intestin. Si les poumons en exhalent, il est donc possible qu'un jour on parvienne à en trouver une quantité correspondante dans le sang.

758.— On a trouvé de l'hydrogène carboné dans un cas d'emphysème du tissu cellulaire, ce qu'a montré l'inflammabilité du gaz (1). Un homme de vingt-cinq ans, malade depuis quinze jours avec les symptômes de la fièvre typhoïde, présenta un emphysème spontané de la cuisse et du scrotum, qui commença un jour avant le moment où survint la mort. C'était au mois de décembre; l'autopsie, faite huit heures après, montra que le corps entier était emphysémateux, surtout le membre inférieur gauche, qui était brun, couvert de phlyctènes contenant elles-mêmes des gaz. Les ganglions lymphatiques du mésentère étaient développés et contenaient un gaz qui prenait feu à la flamme d'une bougie et faisait explosion. Il en fut de même de celui que des scarifications firent sortir des jambes, des cuisses et du scrotum. Une ponction ayant été faite à l'abdomen, le gaz qui en sortit prit feu aussi et forma une aigrette bleue à sa base, blanche au sommet, qui brûla assez longtemps; les bords de l'ouverture faite avec le trois-quarts noircirent et se consumèrent. Le gaz que renfermait le tissu cellulaire sous-cutané du thorax s'enflamma de même.

La formation de ce fluide est sans aucun doute le résultat d'actes chimiques indirects avec dédoublement des *substances organiques*, et l'on peut lui appliquer ce que nous avons dit de l'hydrogène sulfuré (§ 216, t. Ier, p. 232), de l'acide carbonique et de l'ammoniaque (§ 217, t. Ier, p. 233).

(1) BALLY, *Emphysème général formé par un gaz combustible* (*Arch. gén. de méd.*, 1831, t. XXV, p. 129).

CHAPITRE VI.

DE L'HYDROGÈNE SULFURÉ.

Synonymie : *Air puant, air hépatique, gaz hépatique ; gaz hidrogène sulfuré ou hidrogène sulfuré* (Fourcroy) ; *acide hydrothionique, acide sulfhydrique ou hydrosulfurique.*

759. — Ce principe immédiat est un produit de l'organisme destiné à être rejeté, et ne remplissant aucun rôle physiologique utile à l'organisme. On ne le rencontre, d'une manière constante, que dans les gaz exhalés par le poumon ; mais toujours en fort petite quantité (1). Il en existe aussi à l'état normal dans le gros intestin de l'homme, mais en très petite proportion aussi (2). MM. Magendie et Chevreul en ont aussi trouvé dans le gros intestin des suppliciés ; mais sans pouvoir en fixer la quantité (3). A l'état morbide, il en existe également un peu dans le gros intestin ; c'est toujours le moins abondant des gaz intestinaux. MM. Leuret et Lassaigne n'en ont pas trouvé dans l'intestin du chien à l'état normal. Vauquelin (4) en indique dans le cœcum de l'éléphant. Suivant Tiedemann et Gmelin (5), il y en a beaucoup dans les gaz de la panse des brebis météorisées.

L'hydrogène sulfuré qui s'exhale du poumon ne peut provenir que des matières animales du mucus qui s'altèrent au contact de l'air, ou du sang qui l'emprunte à l'intestin par échange endosmotique. Si ce fait a lieu, le sang doit en contenir également des traces qu'on parviendra peut-être à déterminer.

Celui du gros intestin doit provenir des matières alimentaires azotées ou des principes sulfurés de la bile, tels que la taurine, qui se décomposent, ou des sulfures décomposés par les sucs acides du cœcum. Ces sulfures ne peuvent être que

(1) Regnault, *Cours de chimie.* Paris, 1850.

(2) Jurine, *loc. cit.*, 1789.

(3) Magendie, *loc. cit.*, 1816.

(4) Vauquelin, *loc. cit.*, 1817.

(5) Tiedemann et Gmelin, *Rech. expériment. physiol. et chim. sur la digestion*, trad. par Jourdan. Paris, 1827, t. II, p. 349.

ceux provenant de sulfates qui, au contact des matières organiques, ont perdu l'oxygène de leur acide et de leur base. Si c'était des sulfures contenus dans les aliments, ils devraient déjà être décomposés dans l'estomac par le suc gastrique.

Tiedemann et Gmelin (1) pensent que l'hydrogène sulfuré qui se trouve dans la panse des brebis météorisées vient peut-être de la décomposition du gluten ou de l'albumine qui existe dans les matières herbacées qui leur servent d'aliments.

760.— Ce gaz se trouve encore dans l'économie animale à l'état morbide, dans les cas d'*emphysème spontané* observés sur le vivant, et aussi à l'état de dissolution dans le pus des abcès voisins des muqueuses soumises au contact de l'air. Dans tous ces cas, le gaz se forme par *putréfaction* des substances organiques dont le soufre passe à l'état d'hydrogène sulfuré, ainsi que nous l'avons dit § 216, tome Ier, pages 231-232. Peut-être aussi y a-t-il décomposition des sulfates en sulfures, comme cela a lieu quand les sulfates sont au contact des matières d'origine organique, puis décomposition des sulfures en hydrogène sulfuré par le contact de quelque acide (voyez § 212, 2°, t. Ier, p. 227). Les cas de formation d'hydrogène sulfuré ne sont pas bornés aux abcès placés près des muqueuses. Notre collègue et ami, Noël Guéneau de Mussy, nous en a cité deux exemples, l'un relatif à un abcès sous-deltoïdien, l'autre à un cas de maladie du rein. L'un de nous (M. Robin), en a observé un cas analogue à la fin de janvier 1844 sur une femme morte de néphrite purulente, suite de calculs du bassinet; cet organe était distendu par le gaz, et le rein était crépitant. Quoique le fait ait été constaté à l'autopsie seulement, la température étant au-dessous de zéro, on ne pouvait supposer que les gaz se fussent formés après la mort. La malade était une vieille femme de la Salpêtrière, morte quelques heures après son entrée à l'infirmerie et n'ayant pas été examinée avec soin. L'odeur d'hydrogène sulfuré et de sulfhydrate d'ammoniaque était des plus manifeste. L'un de nous a entendu citer à diverses reprises, dans les examens de la

(1) Tiedemann et Gmelin, *loc. cit.* Paris, 1827.

Faculté de médecine, des cas de développement de gaz sur le vivant, répandant, lorsqu'ils s'échappaient, l'odeur d'hydrogène sulfuré, s'étant dégagé soit dans le pus de la plèvre ou dans des abcès des membres, dans des cas d'infection purulente et de fièvre puerpérale. Quoique dans ces cas l'analyse n'ait pas été faite, et que l'odeur seule ait fait reconnaître la présence de l'hydrogène sulfuré, on peut regarder comme certain qu'il s'y trouvait en même temps de l'azote, de l'acide carbonique et de l'hydrogène carboné; car dans toute putréfaction des substances organiques il se dégage une certaine quantité de ces gaz.

CHAPITRE VII.

SULFHYDRATE D'AMMONIAQUE.

Synonymie : *Sulfure d'ammoniaque hidrogéné ou hydrogéné; hydrosulfure ou hidrosulfure d'ammoniaque; hydrosulfate d'ammoniaque.*

761. — M. Lassaigne en a trouvé (1), mais en petite quantité seulement, dans la liqueur odorante de la Moufette (*Viverra putorius*, L.). On ne l'a pas signalé à l'état normal dans d'autres parties du corps des mammifères. Mais à l'état morbide il en existe certainement dans les cas de putréfaction du pus donnant lieu à un emphysème spontané, dont nous venons de parler dans le chapitre précédent. Ce sel se forme par combinaison directe (voyez § 212, 2°, t. I, p. 227) de l'hydrogène sulfuré (formé ainsi que nous venons de le dire) avec l'ammoniaque aussitôt que celle-ci s'est produite. (Voyez, pour le mode de sa production, § 217, t. I, p. 233).

Lehmann a trouvé du sulfhydrate d'ammoniaque dans la bile d'un enfant mort subitement; l'autopsie fut faite seize heures après sa mort (2).

Nous n'avons, du reste, pas trouvé d'analyse des gaz dans les ouvrages qui traitent de l'emphysème spontané.

CHAPITRE VIII.

DE L'EAU, OU PROTOXYDE D'HYDROGÈNE.

Synonymie : *Phlegme ou flegme.*

762. — Le principe immédiat dont nous allons parler n'est pas l'eau à proprement dire; ce n'est pas le liquide répandu

(1) LASSAIGNE, *Examen chimiq. de la liqueur odor. de la Moufette* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1821, t. XVI, p. 384).

(2) LEHMANN, *Physiolog. Chemie*, 2e édit., in-8°, 1850, t. II, p. 64.

à la surface du globe, contenant des sels nombreux tenus en dissolution, les uns directement par l'eau, comme les sels alcalins, les autres indirectement par ceux-ci, comme les sulfates et autres sels terreux. Il s'agit, au contraire, du protoxyde d'hydrogène même, du fluide qui dans le corps animal tient en dissolution directement et indirectement un nombre bien plus considérable encore de sels, et, de plus, nombre de principes cristallisables ou non cristallisables, sans analogues dans le monde inorganique. Il s'agit de ce liquide qui peut être considéré à son tour comme tenu en dissolution, ou imbibition, par les parties du corps qu'il ne peut dissoudre, par les substances organiques solides. Il en résulte que ces dernières ne sont vraiment solides que lorsqu'elles ont été privées du liquide qui les imbibait et qu'elles retenaient fixé par une double action réciproque du liquide sur le solide et du solide sur le liquide; ce qui est la seule condition capitale qui puisse permettre le double acte continu de composition et de décombinaison ou nutrition, acte commun à tous les corps dits *vivants*. C'est là une véritable combinaison binaire, la plus faible de toutes celles connues peut-être, et qui donne aux parties vraiment solides du corps cet état de demi-solidité et de demi-fluidité que nous leur voyons durant la vie; état qui l'emporte dans un sens ou dans l'autre, suivant la prédominance en certaines proportions du fluide ou du solide, et qui entraîne une lenteur ou une activité correspondantes dans le double acte continu de composition et de décomposition. Il s'agit ici, en un mot, du liquide qui s'échappe et distille à l'état de pureté des tissus, et des humeurs dont on élève la température sans aller jusqu'à décomposition des substances organiques; il s'agit de l'eau séparée, bien entendu, des autres matières volatiles qui s'échappent en même temps que ce principe ou qu'il entraîne. Il s'agit, en un mot, du protoxyde d'hydrogène, semblable à celui qu'on obtient en chimie en distillant de l'eau, et obtenu ici en distillant des tissus.

763. — Il n'est aucun tissu, aucune humeur, aucune partie du corps, quelle que soit sa dureté, dans la composition de

laquelle il n'entre une certaine quantité d'eau comme partie constituante essentielle. On en trouve partout, sans exception, même dans l'émail des dents.

Quantité d'eau en volume.

764. — La masse cubique du corps varie de 62 à 70 litres chez l'homme, et de 46 à 53 chez la femme ; c'est-à-dire qu'elle représente chez le premier un cube de 40 à 41 centimètres d'arête. Or, dans cette masse, l'eau entre au moins pour 42 à 43 litres, et représente, par conséquent, à elle seule une masse cubique de 36 à 38 centimètres de côté ; chiffres qui peuvent être considérés comme les deux termes les plus éloignés.

Quantité en poids.

765. — Les calculs de Burdach (1), faits d'après la quantité d'eau contenue dans les divers tissus, donnent, pour la totalité du corps 66 pour 100, c'est-à-dire les deux tiers d'eau contre un tiers de matières solides. Il y a ainsi 50 kilogrammes d'eau dans le corps d'un individu pesant 75 kilogrammes, et 42 à 43 dans le corps d'un individu pesant 64 kilogrammes, ce qui est à peu près le poids moyen pour l'homme.

Cette évaluation de la quantité d'eau paraît même être un peu trop faible. Chaussier ayant mis un cadavre du poids de 60 kilogrammes dans un four à la température nécessaire pour la cuisson du pain, il le retira ne pesant plus que 6 kilogrammes ; il avait donc perdu 90 pour 100 d'eau. Il est possible que la température trop élevée ait amené la décomposition de quelques principes et que ce nombre soit trop élevé. Il dépasse, en effet, les chiffres les plus forts obtenus par la dessiccation de la plupart des tissus et des humeurs de l'économie. Mais d'autre part, le chiffre donné par Burdach est au-dessous du nombre qui exprime la proportion d'eau obtenue en desséchant ces tissus et ces humeurs.

En conséquence, on peut dire que la quantité d'eau contenue

(1) BURDACH, *loc. cit.*, 1838, t. VIII, p. 76.

dans le corps forme un peu plus des deux tiers de son poids, sans en constituer tout à fait les trois quarts. Senac (1) a trouvé qu'une momie, qui, d'après sa taille, avait dû peser 90 kilogrammes pendant la vie, ne pesait plus que 7 kilogrammes 500 grammes, ce qui fait 91 pour 100 d'eau et autres substances volatiles échappées. Toutefois diverses substances avaient dû se décomposer.

On ne sait pas s'il y a des différences sous le rapport de la quantité d'eau qui soient en rapport avec les âges, les sexes et les espèces animales. Le fait est très probable, et présenterait certainement de l'intérêt, surtout en ce qui concerne les différences suivant les âges et les espèces animales; mais les expériences sont encore à faire.

Poids de l'eau dans les diverses parties du corps en particulier.

766. — Il nous suffira de faire connaître ici la quantité d'eau qui se rencontre dans les diverses parties du corps, sans répéter pour chacune d'elles les détails que nous avons donnés pour l'organisme entier. Le tableau suivant, qui se déduit des analyses de Wienholt (2) et de plusieurs auteurs que nous citons, donne la quantité d'eau pour 1000 que contiennent les principaux tissus et les liquides, en commençant par ceux qui en renferment le moins. Les quantités ne peuvent pas être considérées comme absolument exactes à cause de l'expulsion d'une très petite quantité de substances volatiles autres que l'eau, dont l'existence est probable pour quelques uns, certaine pour d'autres, et dont on ne peut tenir compte en chiffres.

		Eau.	Principes fixes.
1.	Émail des dents	2	998
	Smegma cutané (desquamation épithéliale)	37	963
	Dents	100	900
	Os	130	870
	Tendons de bœuf (Chevreul) (3)	304	496

(1) Senac, *Traité de la structure du cœur*, 1759, t. II, p. 186.

(2) Wienholt, *Tuebinger Blætter fuer Naturwissenschaften und Arzneikunde*, 1829, t. I, p. 364.

(3) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 108. Il employait le vide sec; par la chaleur, la perte était de 1 à 2 pour 100 en plus.

		Eau.	Principes fixes.
1°	Tissu jaune élastique (Burdach) (1)	496	604
	Tendons épais (Burdach)	500	500
	Cartilages articulaires	550	450
	Tissu jaune de bœuf (Chevreul)	557	443
2°	Foie (Braconnot) (2)	557	443
	Tendons d'éléphant (Chevreul)	567	433
	Tendons grêles (Burdach)	567	433
	Cristallin	570	430
	Peau (Wienholt)	575	425
	Peau de cochon (Hamberger) (3)	588	412
	Peau	614	389
	Foie (Frommherz et Gugert)	618	382
	Aorte (Hamberger)	656	344
	Peau (Denis)	660	340
	Excréments de mouton (Girardin)	687	313
	Pancréas de bœuf (Hamberger)	697	303
	Thymus	700	300
	Nerf optique	710	290
	Foie de bœuf (Hamberger)	719	281
	Muscles d'homme (Bibra)	725	275
	Moelle allongée de porc (Hamberger)	727	273
	Sang (4)	732	268
	Glandes salivaires de porc (Hamberger)	733	267
	Glandes salivaires de bœuf (*Id.*)	734	266
	Foie	734	266
	Matières fécales (moyennes de Berzelius et Barral) environ	740	260
	Fibro-cartilages de l'oreille (Burdach)	740	260
	Excréments de porc (Girardin)	750	250
	Lait de chienne (Dumas)	750	250
	Foie de porc (Hamberger)	756	244
	Foie d'homme (Boudet)	763	237
	Glandes salivaires de chien (*Id.*)	764	236
	Ligaments (Chevreul)	768	232
	Foie de chien (Hamberger)	769	231
	Cœur (Braconnot)	771	229
	Muscles (Berzelius)	772	228
	Muscles de bœuf (Barral); sang de chien (Andral et Gav.).	774	226
	Muscles de bœuf (5)	775	225
	Moyenne du sang d'homme (Becquerel et Rodier)	780	220
	Substances corticales du cerveau de porc (Hamberger)	782	218
	Lait de vache	782	218
	Cœur de porc (Hamberger)	783	217
	Muscles de porc, de veau d'un an	783	217
	Excréments de cheval (Girardin)	783	217
	Rein de vache (Hamberger)	785	215
	Cerveau (Denis)	789	211

(1) BURDACH, *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. VIII, p. 76, d'après Chevreul, auquel il renvoie avec une fausse citation.

(2) BRACONNOT, *Analyse du foie de bœuf* (*Ann. de phys. et de chimie*, 1819, t. X, p. 189).

(3) HAMBERGER dans HALLER, *Elementa physiologiæ*, in-4°, 1760, t. II, p. 478.

(4) Nous donnerons plus loin un tableau des variations d'eau que présentent les principales humeurs, suivant les espèces animales et les états morbides.

(5) SCHLOSSENBERGER, *Vergleichenden chemische Untersuchungen des Fleisches verschiedener Thiere*, in-8°, 1841.

		Eau.	Principes fixes.
	Sérum du sang normal	790	210
	Rein de chien (Hamberger)	791	209
	Moyenne du sang de femme	791	209
	Ganglions mésentériques de vache (Hamberger)	795	205
	Sang de chat	793	207
	Tissu cellulaire	796	204
	Cœur	796	204
	Rate	796	204
	Excréments de vache (Girardin)	797	203
	Cœur de vache (Hamberger)	797	203
	Sang de bœuf (Nasse)	799	201
	Cerveau (Vauquelin)	800	200
	Sang de cheval, de chèvre (Nasse)	804	196
	Synovie	805	195
2.	Sang de vache	807	193
	Fibrine (Burdach)	807	193
	Substance corticale du cerveau de chien (Hamberger)	809	191
	Sang de porc	809	191
	Moelle allongée de vache (Hamberger)	810	190
	Cœur de chien (*Id.*)	810	190
	Muscles (Geoffroy)	812	188
	Sang de brebis (Nasse)	827	173
	Rein	827	173
	Sang de mouton (Nasse)	830	170
	Poumon	830	170
	Intestin (Keil)	837	167
	Testicule de chien (Hamberger)	840	160
	Substance corticale du cerveau de vache (*Id.*)	850	150
	Albumine coagulée (Burdach)	864	136
	Estomac	867	133
	Pancréas	871	129
	Chyle de cheval (Tiedemann et Gmelin)	871	129
	Bile de bœuf (Dumas)	875	125
	Bile de bœuf	875	125
	Bile de bœuf (Strecker)	888	112
	Testicule	887	113
	Lait de femme (Simon)	887	113
	Sperme	900	100
	Chyle d'homme (Rees)	904	96
	Chyle d'âne	902	98
	Lait d'ânesse (Péligot)	906	94
	Bile	905	95
	Urine de cheval et de bœuf (Bibra)	912	88
3.	Suc pancréatique	913	87
	Urine de bœuf (Bibra)	923	77
	Lymphe de cheval (Lassaigne)	925	75
	Rétine	927	71
	Synovie du cheval (John)	928	72
	Urine	933	67
	Mucus nasal (Berzelius)	933	67
	Mucus nasal	934	66
	Urine (Lehmann)	936	64
	Expectoration bronchique normale	937	63
	Chyle de cheval (Simon)	940	60
	Sérosité abdominale	943	57
	Chyle de cheval (Tiedemann et Gmelin)	949	51
	Excrétions buccales et nasales (Barral)	937	43

		Eau.	Principes fixes.
	Lymphe humaine (Tiedemann et Gmelin)	960	40
	Sérosité thoracique	956	44
	Lymphe d'âne (Rees)	965	35
	— — (Marchand et Colberg)	969	31
	Urine d'homme (Becquerel)	971	29
	Salive de cheval (Simon). Urine de porc (Bibra)	982	18
	Humeur vitrée	983	17
3.	Salive d'homme (Mitscherlisch). Urine de chèvre (Bibra)	983	17
	Urine de chèvre (Bibra)	983	44
	Suc gastrique	984	16
	Sérosité cérébrale	985	15
	Sueur	986	14
	Sueur (Anselmino)	987-13 à 995-5	
	Larmes	990	10
	Salive (Berzelius)	992	8
4.	Vapeur pulmonaire	997	3

767. — Telle est, pour chaque partie du corps, la quantité d'eau qu'elles renferment. Nous n'avons pas, dans ce tableau, donné les chiffres de toutes les analyses qui ont été faites, mais seulement ceux des auteurs les plus récents. Toutes les fois qu'ils ont fait plusieurs analyses, nous avons pris celui des nombres moyens qu'ils ont obtenu. Avant de reproduire le nombre souvent très considérable d'analyses de tel ou tel tissu ou humeur, il faut en effet tenir compte des chances d'erreurs dues à la nature des procédés employés.

Il faut ensuite se demander quel résultat utile on peut retirer de ces connaissances. Or, à propos des matières fécales, et même des muscles, du tissu cellulaire, mais surtout de l'urine, de la bile, etc., chaque auteur arrive à des résultats qui varient de 10 à 20 pour 1000, soit en plus, soit en moins. Sur le même individu, et surtout quand il s'agit d'individus différents, on trouve des variations analogues, sans que néanmoins les fonctions paraissent modifiées d'une manière sensible. Par conséquent, s'il est nécessaire de connaître la quantité d'eau contenue dans chaque tissu ou humeur, afin de pouvoir la comparer à celle des autres principes, et arriver à connaître la composition totale de leur substance, on comprend qu'il serait inutile de s'inquiéter trop de quelques différences dans les chiffres obtenus par chaque expérimentateur, surtout quand il s'agit des humeurs. Par conséquent, enfin, en indiquant le chiffre de la quantité

d'eau, il faut savoir que ce chiffre n'a rien d'absolu, qu'il est susceptible de varier, mais dans des limites restreintes, quoique non définies. Il n'y a pas, dans chaque animal, pour chaque tissu ou chaque humeur, une quantité d'eau, ou de quelque principe que ce soit, fixe et précise d'une manière absolue. Il y en a une quantité qu'on peut déterminer, mais qui est susceptible d'osciller entre certaines limites sans apporter de trouble à l'ensemble des fonctions.

Il est bien certain qu'avec chacune de ces oscillations il survient quelque changement dans telle ou telle fonction, ou dans toutes à la fois; de là sans doute une des causes du malaise ou du bien-être de chaque jour; mais ces variations ne sont pas telles qu'on puisse les considérer comme une maladie. Il faut surtout ne pas croire que c'est dans les variations de quantité de l'eau, ou d'autres principes habituels des tissus ou des humeurs, qu'on va trouver exclusivement la cause de telle ou telle maladie; car avec telle proportion d'eau coïncide une variation correspondante dans les autres principes.

C'est le sang, le chyle, la lymphe, tout entiers, qui varient dans les maladies causées par une alimentation mauvaise ou la respiration d'un air miasmatique, etc. C'est l'urine, la bile, les sucs intestinaux tout entiers qui sont modifiés aussi dans ces cas, et dans ceux encore où le tissu qui les sécrète se trouve altéré. Or ces liquides forment un tout dans lequel aucune partie constituante n'est indépendante des autres; toutes sont en corrélation intime quant à la quantité et à l'union chimique.

De là l'insuccès de tous ceux qui ont cherché à expliquer telle maladie par un changement de la quantité de l'eau seulement ou d'un autre principe. De là l'insuccès de ceux qui ont cru guérir par l'introduction de l'eau seulement ou d'un autre principe employé seul. Mais aussi de là vient la nécessité d'étudier successivement chaque principe quant à sa quantité, son mode de combinaison, etc.

C'est, en effet, l'unique moyen d'arriver à bien connaître le tissu ou l'humeur qu'on veut étudier et à bien apprécier l'in-

fluence qu'exerce sur le tout et sur chacun des principes séparément un changement de quantité qui vient à porter principalement sur *l'un* d'entre eux. Ce fait doit certainement se présenter assez souvent, mais ne doit pas être pris en considération à l'exclusion des autres. C'est encore l'unique moyen d'arriver à analyser nettement les réactions qui surviennent par l'introduction de quelque poison ou médicament, et d'éviter ces raisonnements vagues et diffus, par lesquels on croit avoir critiqué quelque chose en disant que les corps ne présentent pas les mêmes réactions dans l'économie sous l'influence de la vie que dans le creuset. L'erreur vient de cela seul précisément, qu'on veut interpréter le nombre considérable de réactions qui s'opèrent simultanément dans un liquide ou un solide, comme s'il s'agissait d'un corps simple ou aussi peu composé qu'un sel. Si, au contraire, on tient compte de chacun des principes séparément, on peut se rendre compte de ce qui se passe et l'interpréter sainement ; ou bien encore on est conduit à reconnaître, comme pour le sang par exemple, que le nombre des principes est si considérable, que leur mode d'union est si complexe, qu'il est impossible de prévoir la réaction qui s'opérera, soit dans le sang, soit dans tel ou tel organe où il se rend, quand on y ajoutera un principe étranger, ou même quand on modifiera la quantité de l'un des siens. Ainsi, ce qu'il est utile de savoir pour l'eau des diverses parties du corps, c'est qu'elle varie normalement en plus ou en moins dans de certaines limites ($\frac{1}{10}$ à $\frac{3}{10}$) ; il est donc suffisant de fixer aussi exactement que possible la moyenne la plus fréquemment trouvée.

768. — Le tableau précédent nous offre des exemples des trois cas qui se présentent dans l'économie par rapport à l'état sous lequel l'eau s'y trouve. 1° Ceux dans lesquels l'eau est moins abondante que les principes fixes, et se trouve ainsi à l'état tout à fait solide, sont peu nombreux ; ce sont seulement les os et les produits solides. Dans les cartilages, les tendons et les ligaments jaunes, l'eau est aussi abondante que les parties solides ; elle est beaucoup moins abondante que dans les liga-

ments, fait qui se joint à beaucoup d'autres arguments pour faire de ceux-ci un tissu différent du tissu tendineux.

2° Ce n'est qu'au-dessous de ces tissus que commence le deuxième groupe, celui où l'eau est plus abondante que les parties solides; mais pourtant ce principe s'y trouve à cet état particulier de solidification entièrement spécial aux êtres organisés et dont il sera question plus loin. Il faut seulement remarquer que ces substances solides peuvent solidifier une quantité d'eau bien supérieure à leur propre poids. Beaucoup d'entre elles ont plus d'eau que certaines humeurs, et pourtant ont une consistance beaucoup supérieure à elles.

3° Enfin le groupe des parties du corps dans lesquelles l'eau est à l'état liquide, tenant réellement en dissolution les substances solides, comprend un nombre peu considérable de parties, qui sont des humeurs.

4° L'eau se présente également à l'état gazeux ou de vapeur dans les ramifications des bronches; mais ce cas est tellement limité, qu'il suffit de le signaler, car il ne présente pas autant d'importance que les autres.

769.— Voilà pour l'état physique de l'eau dans l'économie; mais il est probable que son état de combinaison diffère également un peu. Nulle part l'eau ne se trouve dans un état aussi purement chimique, aussi voisin de l'état inorganique, que dans les humeurs, l'urine surtout. Là elle tient simplement en dissolution des sels, et par eux des matières albumineuses et quelques substances grasses, ou quelques savons. Rien, par conséquent, dans l'organisme n'est plus analogue à ce que nous obtenons dans le laboratoire. Dans l'urine, par exemple, la solution n'est différente que par la nature des principes cristallisables, et n'est que fort peu modifiée par les substances organiques qui s'y trouvent en quantité presque nulle. Mais, cependant, déjà se manifestent des différences dans la salive et dans le sang; d'autres principes (albumine, etc.) dissous dans l'eau, leur donnent un genre de viscosité particulier, variable suivant chaque humeur; dissous à l'aide des sels que le fluide renferme déjà, ils influent à leur tour sur la

quantité de ceux-ci dont l'eau pourrait s'emparer. Ces remarques s'appliquent aussi aux sérosités morbides; là encore l'eau est à l'état le plus voisin qu'il est possible qu'elle nous offre dans les solutions artificielles; mais en différant déjà toutefois par les matières albumineuses véritablement dissoutes dans une solution saline.

L'état particulier sous lequel l'eau se trouve dans les tissus demi-solides (muscles, tissu cellulaire, tendineux, etc.), est plus spécial, s'éloigne tout à fait de ce qui est dans le règne minéral. On ne peut en enlever qu'une partie par simple évaporation à la température ordinaire. Dans ce cas et lors même que ces tissus sont desséchés plus complétement, ils peuvent reprendre sinon toute l'eau qu'ils avaient auparavant, au moins un poids bien supérieur au leur propre.

C'est là le plus faible degré de combinaison possible, et il faut employer le mot de *combinaison*, car il ne s'agit pas là d'un simple fait physique, comme celui d'imbibition d'une étoffe par l'eau. Dans ce cas, en effet, l'eau est à la fois interposée aux filaments de l'étoffe, et elle les pénètre; dans celui-là l'eau qu'absorbent le tissu jaune desséché, le tissu cellulaire, etc., n'est pas interposée aux fibres, elle est dans leur épaisseur même, elle en est partie constituante, elle en augmente le volume. L'eau n'est interposée aux fibres et ne s'écoule que dans les cas morbides où il y a œdème, ou quand on a produit cet état sur le cadavre par injection prolongée d'eau dans les vaisseaux. L'eau dont nous parlons, qui une fois enlevée, est susceptible d'être reprise en quantité plus ou moins considérable, fait partie essentielle des éléments des tissus, C'est elle qui constitue la plus grande masse de ce qu'on appelle le suc nourricier, c'est-à-dire de ce liquide qui n'existe qu'à l'état virtuel dans l'économie, et qui pénètre dans chaque fibre ou cellule à l'instant même où il sort des vaisseaux, en sorte qu'il n'existe jamais à l'état libre. Aussi ne l'a-t-on obtenu qu'en écrasant et détruisant les éléments des tissus; ce n'est pas, par conséquent, un liquide ayant une existence distincte qu'on obtient ainsi,

mais une portion des éléments : de là vient que nous ne l'avons pas signalé dans le tableau ci-dessus.

Dans les humeurs l'eau tient en dissolution les sels, et c'est ensuite cette solution saline qui dissout les substances organiques ; de même aussi, ce n'est pas directement avec les *substances organiques* des tissus demi-solides que l'eau se trouve combinée. Là aussi elle est unie à des principes d'origine inorganique et organique cristallisables, comme la créatine dans les muscles, etc. C'est avec eux d'abord qu'elle est unie, et ensuite avec les substances organiques des tissus. Dans les cas où l'on fait gonfler par l'eau froide ou tiède des tissus desséchés, l'union du liquide avec eux ne peut donc pas être considérée comme un fait simple.

Caractères d'ordre organique de l'eau, ou de la part qu'elle prend à la constitution de l'économie.

770. — Nous avons vu que l'état de dissolution est l'état de combinaison le plus faible qui soit connu. Il y a cependant des dissolutions dans lesquelles les corps sont fortement unis ; mais il y a aussi des combinaisons dans lesquelles ils le sont faiblement : tel est le cas des bicarbonates, composés bien définis, qui pourtant laissent échapper une partie de leur acide dans le vide, etc.

Par la dissolution les corps solides perdent ce dernier état et passent à celui de liquide. Mais réciproquement par la déliquescence l'eau perd son état gazeux et devient liquide, ou même solide, en se combinant aux sels qui la fixent, et dans l'hydratation de la chaux vive l'eau liquide passe réellement à l'état solide. Il y a nombre d'exemples en chimie, de bases et de sels avides d'eau, qui, comme la chaux, en absorbent une grande quantité avant de changer d'état, et jouent, par rapport à l'eau, le rôle que celle-ci jouera par rapport à eux quand elle sera en excès ; c'est-à-dire qu'ils la font passer d'un état à l'autre, de l'état liquide ou gazeux à l'état solide, comme elle les fera passer de l'état gazeux ou solide à l'état liquide si elle est en majeure quantité. Il n'est pas absolument juste

de dire que l'eau est dissoute par le solide, puisque *dissolution* signifie passage à l'état liquide; mais il y a analogie dans l'action réciproque des deux corps, et l'on a un effet inverse suivant les conditions où l'on se place; suivant qu'on prend l'un ou l'autre des corps en excès. Si le corps solide prédomine, l'eau passe à l'état solide; et réciproquement, si le corps liquide l'emporte en quantité, le corps solide sera liquéfié.

Il y a analogie d'action moléculaire ou combinaison, en sens inverse *quant à l'effet;* mais l'effet est toujours en corrélation immédiate et nécessaire avec les conditions dans lesquelles on se place (quantité supérieure de l'un ou de l'autre).

L'état sous lequel l'eau se trouve dans l'économie n'est pas le même partout. Il y a beaucoup de tissus qui présentent des exemples analogues à ceux de divers genres que nous offre la chimie. Il y a des parties du corps dans lesquelles l'eau en excès se trouve à l'état liquide et tient positivement en dissolution et suspension divers principes immédiats. Il y a d'autres parties où l'eau, en moindre quantité, est fixée par un solide, et doit être certainement à l'état solide. Fixée, dissoute pour ainsi dire, par la substance du tissu osseux, l'eau que celui-ci renferme ne peut pas être considérée comme se trouvant là dans le même état que celle du sang, des muscles, du foie, de la bile, de l'urine, etc. Il en sera de même de celle que renferment les cartilages, les ligaments jaunes, les dents, les ongles, les poils, les plumes, etc.

Voici pour les cas extrêmes. Mais il y en a d'autres qui sont sans analogues dans les corps bruts, qui sont tout à fait propres aux tissus organisés. Ce qui les caractérise, c'est la solidification ou fixation à l'état demi-solide d'une grande quantité d'eau, par une moindre quantité de substance solide. Ne jouissent de cette propriété que les *substances organiques*, c'est-à-dire ces principes immédiats de composition complexe en rapports non définis : telles sont l'albumine, la musculine, etc.; la fibrine également, quoique à un moindre degré. Ces substances, bien que en quantité très peu considérable quant au poids et au volume, peuvent pourtant fixer et rendre demi-

solide un énorme volume d'eau, en prenant, elles aussi, le même état demi-solide.

C'est là une propriété qui n'appartient qu'à ces substances, de pouvoir ainsi fixer une quantité d'eau infiniment supérieure à leur propre poids, à leur masse; et cela sans se dissoudre, c'est-à-dire sans changer d'état, mais en prenant seulement un autre degré du même état solide. Cette propriété, elles ne la possèdent pas seulement dans l'économie vivante, au milieu des conditions complexes de température, de contact avec d'autres principes, et de formation lente et graduelle, dans lesquelles on les voit placées, dans lesquelles nous devons les considérer constamment si nous voulons tirer quelque parti de cette étude. Elles la possèdent encore quand on les a retirées du corps et privées de l'eau qu'elles contenaient, avec assez de lenteur et à une assez basse température pour n'en pas altérer la composition immédiate et élémentaire. Les unes la conservent à un degré presque égal ou égal à celui qu'elles offraient pendant la vie; d'autres exigent sans doute des conditions plus complexes, ou sont nécessairement modifiées par les procédés d'extraction, car elles ne peuvent jamais reprendre la quantité d'eau qu'elles avaient auparavant: telle est la fibrine.

Ainsi, en chimie, étant donnés un liquide et un solide ayant la propriété de se combiner, il se présentera deux cas : 1° en général, si l'eau est en quantité plus considérable, il y a dissolution de celui-ci, c'est-à-dire passage à l'état liquide; 2° si ce composé est plus abondant que l'eau, cette dernière est fixée par lui, elle passe à l'état solide. Du premier cas nous trouvons des exemples analogues dans la plupart des humeurs de l'économie, où l'eau tient en dissolution des sels, et à l'aide de ceux-ci de l'albumine, des principes cristallisables d'origine organique, etc.

Du second cas, nous en trouvons des exemples dans les os, les dents, les ongles, cornes, poils, etc.

Mais il est un cas sans analogue dans le règne inorganique, c'est celui d'un corps qui a la propriété de prendre beaucoup plus d'eau qu'il n'est pesant et volumineux, et cela sans

changer d'état, mais en prenant seulement un autre degré en plus ou en moins de cet état. De là les expressions de corps *demi-solide* ou *demi-liquide*, suivant le plus ou le moins de cet état. Cette propriété coïncide, d'une part, avec une composition immédiate et élémentaire sans identique aussi dans le règne minéral; elle coïncide, d'autre part, avec une facile variabilité de cette composition qui n'a pas d'analogue. Réunie à ces faits, elle caractérise les *substances organiques*, groupe de principes immédiats dont l'étude repose sur la connaissance de la chimie, mais n'appartient pas à cette science et rentre dans le domaine de l'anatomie.

Il est à remarquer que les seuls corps connus qui soient directement actifs dans l'économie animale, au point de vue des propriétés vitales, les seuls corps, en un mot, qui soient directement vivants pour leur propre compte, sont formés essentiellement de ces principes-là. Les autres principes ne sont avec eux que comme condition d'existence ou comme produit de leur activité. Les tissus qui sont formés en majeure partie d'eau et de principes jouissant de cette propriété de fixer ainsi autant de ce liquide, présentent seuls le double mouvement vital de composition et de décomposition avec une grande intensité et rapidité. Ceux, au contraire, qui sont formés de principes fixant et rendant solide une petite quantité d'eau, ceux-là jouissent de propriétés vitales, végétatives (nutrition, développement), et nulles ou presque nulles au point de vue des propriétés animales (os, dents, etc.). Ceux encore qui sont formés d'une grande quantité d'eau tenant à l'état tout à fait liquide une quantité peu considérable d'autres principes, ceux-là jouissent de propriétés vitales végétatives rapides, mais peu intenses quant au degré de fixation moléculaire.

Ce n'est pas seulement dans les formations normales qu'on trouve de ces principes très peu solubles, et ayant pourtant la propriété de solidifier ou plutôt de demi-solidifier une grande quantité d'eau. Les productions morbides en sont également souvent formées.

Par conséquent, l'état solide par fixation, l'état liquide et l'état intermédiaire, en général plutôt solide que liquide, tels sont les trois états sous lesquels se présente l'eau dans l'économie. C'est dans les os, les dents, cornes, écailles qu'on trouve l'eau sous ce premier état. C'est dans le sang, la lymphe et les autres humeurs qu'on la trouve sous le second. C'est dans les autres tissus qu'elle présente le troisième état, tout à fait propre aux corps organisés.

771. — Le phénomène de fixation de l'eau par des principes n'est pas dans l'organisme aussi simple que nous l'obtenons dans nos laboratoires. Ce n'est pas, en effet, de l'eau pure qui se trouve solidifiée par l'albumine, la gélatine, etc.; c'est une solution saline. On peut voir, en effet, sur ces principes retirés tels qu'ils existent dans les tissus et les humeurs, qu'en chauffant l'eau qu'ils renferment, des sels cristallisent au milieu de la substance tout à fait solide. Ainsi c'est une solution aqueuse de principes cristallisables (chlorures, carbonates alcalins, créatine, etc.) que les substances organiques solidifient, et non du protoxyde d'hydrogène; c'est avec un liquide complexe déjà qu'ils sont combinés. C'est là un fait important qui influe considérablement sur la quantité en plus ou en moins de l'eau fixée, sur le degré de saturation que présentent les substances, suivant la nature des principes cristallisables dissous dans l'eau et leur proportion. Les phénomènes de nutrition doivent certainement subir des modifications correspondantes, et il en est de même aussi des propriétés animales des éléments que forment les substances dont il s'agit.

De là l'influence d'une trop grande ou d'une trop petite quantité d'eau, soit absolue, soit relative, sur les propriétés des tissus et des humeurs, puis sur les fonctions. On peut, en effet, voir que beaucoup de tissus sont susceptibles de fixer plus d'eau pure qu'ils n'en contiennent à l'état normal, et qu'alors ils se gonflent et augmentent de volume. Ils se resserrent et perdent leur eau quand on les met dans une solution concentrée de quelques sels. On peut expérimenta-

lement sur les animaux vivants étudier, par injection d'eau pure, les maladies nécessairement générales, aussi générales que possible, occasionnées par l'excès d'eau dans le sang, et excès qui existe bientôt dans les tissus.

Eau suivant les espèces animales, suivant les âges et suivant les maladies.

772. — Après avoir fait le relevé de ce qu'on connaît sous ce rapport, nous avons vu que nos connaissances à cet égard sont encore très bornées. Aussi le tableau comparatif précédent, tout incomplet qu'il est, peut suffire à l'état actuel de nos connaissances sur les principes, en raison des motifs que voici :

1° Il n'existe pas dans les auteurs d'examen comparatif de la quantité d'eau contenue dans *tous* les tissus et *toutes* les humeurs d'un seul mammifère considéré même dans deux périodes seulement de sa vie. D'où résulte qu'on ne peut encore tirer de nos connaissances à cet égard aucune donnée, pour établir quel rapport il y a entre les différences des fonctions chez l'adulte, le jeune, le vieillard, et l'organisation de l'individu pris à ces différents âges. On ne peut non plus en tirer rien d'utile, rien qui puisse permettre de dire, même approximativement, si telle ou telle maladie est due à une quantité d'eau plus grande ou plus petite relativement qu'à l'état normal.

2° Cet examen n'a pas même été fait pour tous les tissus et humeurs de deux mammifères pris comparativement à un âge donné, comme l'âge adulte, par exemple. Il en résulte qu'on ne peut pas dire quelle part prend la différence de quantité d'eau de leurs parties constituantes, dans la dissimilitude de celles-ci, de leurs propriétés vitales et de leurs propriétés de tissus.

Voilà donc deux ordres de travaux à faire, non seulement pour l'eau, mais aussi pour les autres principes immédiats auxquels ces remarques s'appliquent aussi. Tant qu'ils ne

seront pas faits, les relevés dont nous avons parlé sont inutiles autrement que comme documents. Ils ne peuvent encore servir qu'à peu de chose, puisqu'ils ne s'accordent pas entre eux, et qu'on ne peut comparer, par exemple, que rarement la quantité d'eau du sang, de la bile, etc., à celle de l'urine, etc., dans les mêmes conditions. Aussi sont-ce des tableaux qu'on ne lit que lorsqu'on y est forcé, et avec d'autant plus de raison qu'on n'en retire presque aucun résultat.

3° Nous avons vu plus haut que les muscles du veau contiennent plus d'eau que les muscles du bœuf. Il est certain qu'il en est de même de beaucoup d'autres tissus. Cependant on sait qu'à égalité de poids, le tissu osseux proprement dit (c'est-à-dire privé de moelle) de l'enfant contient autant d'eau que celui de l'adulte. Il paraît aussi que le sang contient plus d'eau que de solides chez les enfants et les vieillards. Mais les raisons données ci-dessus réduisent à l'état de simples documents ces données-là ; du moins quant aux chiffres obtenus. En effet, la plus grande mollesse et les autres différences dans les caractères physiques des tissus à ces périodes de la vie coïncident certainement avec des différences de quantité d'eau, etc.; mais les chiffres sont inutiles sous ce rapport. La précision absolue à cet égard ne mène à rien; l'étude anatomique purement mécanique, telle qu'elle a été ordinairement faite, suffit à cet égard.

4° Pour ce qui concerne les états morbides, on ne connaît que fort peu de chose également surtout par rapport à l'eau. On a bien analysé le tissu osseux pris dans diverses conditions des affections rachitiques, de nécrose et de carie, mais on ne l'a pas examiné sous le point de vue spécial de la quantité d'eau. Ce sont les seuls tissus étudiés à cet égard,

Le sang et l'urine ont été beaucoup plus examinés.

Observons d'abord que nous ne connaissons encore dans les maladies que le sang du bras et nullement celui des veines porte, rénale, hépatique, etc., qui ont un sang différent de celui des autres veines. Ce serait, par conséquent, un grand pas de fait que de connaître le sang de ces veines-là chez des

animaux malades, ce qui permettrait de juger approximativement par analogie de l'altération du sang des mêmes veines chez l'homme.

La quantité d'eau du sang prise dans les divers états morbides eût été très utile à connaître comparativement à l'eau du sang et des autres tissus sains d'une part, et à celle des tissus altérés d'autre part. Mais, quoique dans les recherches stœchiologiques faites sous ce rapport, ce qu'il y a de plus précis, de plus positif, soit la proportion d'eau, elle devient inutile à connaître ainsi prise isolément. La même remarque s'applique à tous les principes immédiats du sang, quels qu'ils soient. Tant qu'ils ne seront pas connus sous les rapports de leur quantité approximative et de leur état de combinaison dans tous les principaux liquides et solides du corps, leur connaissance isolée ou même comparée à ce qu'on sait des autres principes dans le même liquide ne mène à rien.

C'est ici que s'appliquent surtout les observations sur la nécessité de considérer le sang, etc., comme formant un tout, dont chaque partie est intimement en relation avec toutes les autres, et consécutivement sur la nécessité de lui comparer les principaux liquides et solides pris dans les mêmes conditions de santé et de maladie. Jusqu'alors les résultats obtenus par l'examen extérieur du sang pris en masse conduiront plus loin dans la pratique médicale, et seront plus directement utiles que l'examen de chacun de ses principes pris à part. Ce que nous savons sur la rétractilité du caillot, sur sa densité, sur son élasticité, comparé, d'autre part, à la quantité du liquide dans lequel il nage, aura jusqu'alors plus d'importance que ces recherches.

Mais il faut bien se garder d'autre part de regarder comme inutiles les observations faites jusqu'à présent sur les parties du corps les plus faciles à étudier, comme le sang et l'urine, même pris isolément. D'abord elles donnent plus de précision, plus de netteté à l'examen du sang ou de l'urine pris en masse ; elles font reconnaître, par exemple, qu'un petit caillot baigné dans un sérum abondant proportionnellement n'in-

dique pas nécessairement une prédominance de l'eau et une diminution de fibrine, et réciproquement. La connaissance des caractères d'ordre chimique apprend à apprécier ceux d'ordre physique. En second lieu, ces observations n'eussent-elles d'autre avantage que de montrer la nécessité d'étudier les caractères d'ordre physique, ceux-ci de préférence aux premiers, en raison de leur plus grande facilité à être observés dans la pratique journalière, cela serait suffisant pour exiger qu'on les fît, si du reste elles n'avaient déjà été faites en partie, alors qu'on croyait en obtenir un autre résultat. En troisième lieu, ces recherches montrent la nécessité de faire maintenant sur les parenchymes annexés aux vaisseaux d'abord, puis sur tous les autres tissus, ce qu'on a fait pour le sang ; ce qui donnera alors une importance réelle et à peu près égale à l'étude de tous ses principes sans exception ; ce qui permettra de mieux apprécier la signification de chacun des caractères physiques du caillot et du sérum, et enfin conduira à mettre ces caractères en rapport, d'une manière plus précise, avec telle ou telle altération des appareils et des fonctions. De là certainement résultera plus de certitude encore que celle qui résulte de nos connaissances séméiologiques actuelles sur le caillot, appuyées même sur les travaux récents qui, à cause de leur spécialité trop grande, n'ont pas encore toute la valeur qu'ils devraient avoir.

Par conséquent, jusqu'à ce qu'on puisse comparer les modifications morbides de chaque principe du sang (comme déjà on peut commencer à le faire de ces parties-là prises à l'état normal) aux principes de la majorité des tissus et des humeurs pris dans les mêmes conditions, la connaissance de ces modifications n'aura d'intérêt que dans les tableaux comparatifs de la composition de tout le sang ; dans les tableaux comparatifs de la composition du sang artériel comparé au sang veineux des membres en général, puis à celui de la veine porte, des veines rénales, des veines sus-hépatiques, des veines thyroïdiennes, des veines ombilicales, etc.

Maladies dans lesquelles l'eau du sang augmente, le sang de l'homme en ayant 780 *pour* 1000, *celui de la femme* 791.

		Eau.	Principes fixes.
Lecanu	Affections du cœur......... pour 1000		
	HOMME.		
	1er cas	821	179
	2e cas	880	120
	3e cas	807	193
	FEMME.		
	1er cas	873	127
	2e cas	868	132
	3e cas	866	134
	4e cas	877	123
	5e cas	845	155
Christison	Albuminurie.		
	1er cas	863	137
	2e cas	844	156
	3e cas	808	192
	4e cas	831	169
	5e cas	836	164
	6e cas	825	175
	7e cas	859	141
	8e cas	885	115
	9e cas	862	138
	10e cas	855	145
	11e cas	862	138
	12e cas	887	113
	13e cas	841	159
Simon	Albuminurie.		
	1er cas	830	170
	2e cas	826	174
	3e cas	823	177
	4e cas	839	161
Sang laiteux (Lecanu)		794	206
— (Zanarelli)		905	195
— (Trail)		789	211
Sang diabétique (Bouchardat)		808	192
— (Henry fils et Soubeiran)		816	184
— (Lecanu)		848	152
— (Simon)		794	206
— —		789	211
— —		802	198
— (Rech)		908	292
Moins d'albumine dans le sang, pas dans les urines.			
Andral et Gavarret	1er cas	801	199
	2e cas	867	133
	3e cas. — 1re saignée	849	151
	2e saignée	836	164
	3e saignée	845	155

	Eau.	Principes fixes.
Chlorose commençante (A. et G.)	801	199
— confirmée (A. et G.)	830	170
— (Becquerel et Rodier)	828	172
— chez un homme (A. et G.)	820	180
Fièvre intermittente (A. et G.)	811	189
— typhoïde (A. et G.)	799	201
— — (B. et R.)	797	203
Rhumatisme articulaire aigu (A. et G.)	805	195
— — (B. et R.)	790	210
— — subaigu chronique (A. et G.)	792	208
Pneumonie (A. et G.)	797	203
— (B. et R.)	801	199
Bronchite aiguë (A. et G.)	792	208
— [hommes] (B. et R.)	793	207
— [femmes] (B. et R.)	803	197
Pleurésie (A. et G., B. et R.)	798	202
Péritonite aiguë (A. et G.)	810	190
Amygdalite (A. et G.)	797	203
Érysipèle (A. et G.)	806	196
Tubercules pulmonaires (A. et G.)	809	191
— [hommes] (B. et R.)	794	206
— [femmes] (B. et R.)	796	204
Phlegmasies diverses (A. et G.)	786	214
— (B. et R.) [hommes]	791	209
— (B. et R.) [femmes]	801	199
Andral et Gavarret... Femme atteinte de mélæna	886	114
Fièvres continues simples	801	199
— avec phlegmasie	793	207
Variole	797	203
Rougeole	789	211
Congestion cérébrale	788	212

Maladies avec persistance de la quantité normale d'eau ou à peu près.

	Eau.	Principes fixes.
Andral et Gavarret... Varioloïde	785	215
—	782	218
Hémorrhagie cérébrale	780	220
Fièvre éphémère (B. et R.)	781	217
Pléthore [femmes] (B. et R.)	784	216
— [hommes] (B. et R.)	780	220

Maladies avec diminution de l'eau du sang.

	Eau.	Principes fixes.
Andral et Gavarret... Scarlatine	761	239
—	776	224
Prodromes des fièvres continues	772	228
Syphilis constitutionnelle (B. et R.)	777	223
Lecanu... Sang des cholériques	660	340
—	749	251
—	480	520
—	690	310
— (Shaughnessy)	854	146

773. — A l'état normal l'eau varie peu de quantité dans le sang. Les boissons copieuses sont en effet promptement évacuées par le rein principalement, et accessoirement par la peau et le poumon, en sorte qu'on ne peut saisir le sang pendant le moment où il présente cette augmentation, dans la veine cave, véritable veine porte rénale où cette modification doit être le plus marquée. A l'état morbide, elle varie dans une infinité de cas, soit en plus, soit en moins; mais toujours d'une manière relative; comme, par exemple, après les saignées répétées et les pertes de sang, où l'on voit l'eau, seul élément qui puisse être restitué immédiatement, prendre la place des parties solides qui s'échappent. Ce n'est guère que dans le choléra où l'on voit la quantité absolue et relative de l'eau du sang diminuer considérablement par suite des déjections alvines abondantes qui apparaissent dès le début de la maladie.

774. — La quantité d'eau qui existe dans les urines à l'état normal présente des variations fréquentes et considérables. On peut s'en rendre compte facilement depuis que l'on sait comment la partie liquide des boissons abondantes peut être rejetée directement par le rein en passant par la veine porte, les sus-hépatiques et la veine cave ou veine porte rénale. Les quantités d'eau rendues dans l'espace de vingt-quatre heures peuvent être représentées par les moyennes suivantes, ou plutôt par des oscillations autour de ces moyennes (1) :

1227gram.,779 chez les hommes; soit 968,815 pour 1000.
1337gram.,489 chez les femmes; soit 975,052 pour 1000.
1282gram.,634 moyenne générale; soit 971,935 pour 1000.

Dans l'état de santé parfaite, les variations des quantités d'eau sont assez grandes pour aller de 800 à 1500 grammes en vingt-quatre heures, tout en tenant la même somme de matières solides en dissolution, soit 590 à 1416 pour 1000.

Pour admettre une altération morbide de la quantité d'eau, il faut donc que ses variations soient, d'une part, au-dessous de 800 grammes, et, de l'autre, au-dessus de 1500 grammes.

(1) Al. Becquerel, *Séméiotique des urines*. Paris, 1841, in-8°, p. 19.

Aussi la quantité d'eau reste-t-elle dans les limites normales dans un très grand nombre de cas où l'urine perd ses caractères ordinaires par variation de la quantité d'un autre principe immédiat. L'urine étant un simple produit excrémentitiel, et non un liquide constituant mis en rapport avec toutes les autres parties de l'économie, comme le sang, il n'existe pas une relation aussi intime entre ses diverses parties qu'entre celles du liquide sanguin.

Une cause physiologique peut augmenter la quantité d'eau de l'urine, c'est l'ingestion d'une grande quantité de liquide : ainsi, sur un individu rendant en moyenne 1000 grammes d'eau par les urines, en vingt-quatre heures, 2 litres d'eau de plus qu'à l'ordinaire l'ont portée à 2712 grammes. Un autre individu rendant en moyenne 929 grammes d'eau par la même manière, dans le même espace de temps, l'eau est montée à 1752 grammes, après avoir bu un litre d'eau de plus qu'à l'ordinaire en vingt-quatre heures (1); soit environ 990 pour 1000 au lieu de 971.

Trois causes morbides peuvent élever la quantité de l'urine au-dessus de ses limites normales (2) :

1° Polydipsie....................	992	18
2° Chlorose....................	981	19
—	984	16
—	986	14
—	990	10

3° Diabète, plus encore que dans les cas normaux ci-dessus.
4° Accès d'hystérie ; eau portée de 1106 grammes en vingt-quatre heures à 2663 grammes.

L'eau des urines peut diminuer :

1° Dans toutes les circonstances qui déterminent un mouvement fébrile, et spécialement les phlegmasies aiguës et chroniques. L'eau oscille dans ces cas autour de 961 pour 1000.

2° Les maladies du cœur et du foie, la cirrhose, l'emphysème pulmonaire. Les moyennes sont, pour 1000, de 954 à 958.

(1) Becquerel, *loc. cit.*, 1841, p. 20.
(2) Becquerel, *loc. cit.*

3° Les maladies, quelles qu'elles soient, déterminant des troubles généraux très marqués.

4° Les sueurs abondantes.

5° L'approche de la mort (1).

De l'origine de l'eau du corps.

775. — Après avoir fait l'histoire de l'eau telle qu'on la trouve dans le corps, au point de vue de sa quantité d'abord, puis de son état physique solide, demi-solide liquide ou gazeux; après ensuite l'avoir envisagée sous le rapport de son état chimique ou de combinaison : 1° dans le corps pris en masse; 2° dans chacune de ses parties, il faut présentement voir d'où elle vient, voir où elle va. Il faut en chercher l'origine, en chercher la fin ou issue, du dedans au dehors.

C'est ici le lieu de faire une remarque qui s'applique non seulement à l'eau, le plus général, le plus répandu de tous les principes immédiats, mais encore à la plupart des autres que nous aurons à étudier plus tard.

Les chimistes considèrent encore, avec la plupart des savants, l'étude des principes immédiats, poursuivis dans toutes les parties du corps où ils sont placés, comme faisant partie du domaine de la chimie, et non de l'anatomie; et cela parce que leur étude se fait à l'aide de procédés physico-chimiques appliqués à l'étude des corps organisés. Il en résulte que ce qui les occupe, ce ne sont pas, à proprement parler, les *principes immédiats* tels qu'ils sont dans l'économie, c'est-à-dire des corps composés, habituellement très complexes, comme sont ceux qui nous occupent ici; ils ont en vue, surtout et souvent, à peu près exclusivement les éléments chimiques, ou *principes médiats*, qui n'ont aucun intérêt pour le physiologiste, car on n'étudie l'anatomie que pour apprendre la physiologie. Pour eux, le principe immédiat, l'eau ou le sel marin, par exemple, n'est qu'un moyen d'arriver à doser la quantité d'oxygène,

(1) Becquerel, *loc. cit.*, 1841, p. 23.

hydrogène, chlore, etc., absolument comme si c'était sous forme de corps simples que nous les obtenions. Comme si les phénomènes qu'ils manifestent étaient semblables à ceux qui se passent directement entre l'oxygène et l'hydrogène, le chlore et le sodium; comme si ces phénomènes n'étaient pas de l'ordre de ceux que produit l'eau sur le sel marin, etc., et réciproquement. Le fait fondamental, qui consiste à observer les choses comme elles sont, comme elles se passent entre principes immédiats, est accessoire pour eux ; comme si les actions élémentaires, ou entre principes médiats ou chimiques, s'ils tiennent à les connaître, ne se déduisaient pas naturellement de la connaissance de celles qui ont lieu entre les principes immédiats. C'est en effet une déduction facile dès qu'on a étudié, au point de vue purement chimique, comme on doit le supposer fait, tous les principes complexes qui se réunissent pour former les formes variées de substance organisée, encore plus complexes, des corps vivants.

Ces erreurs ont, du reste, l'avantage de montrer les écueils à éviter. Peut-être même faut-il reconnaître qu'il était nécessaire qu'elles fussent commises, et que la stérilité des travaux de ce genre eût été constatée, pour qu'on arrivât à comprendre nettement la marche qu'il faut suivre maintenant.

Conséquemment, les questions à développer dans cet article sont les suivantes :

1° Il faut rechercher par quelles voies pénètre l'eau dans l'économie, sous quelle forme et en quelle quantité. C'est en effet un des principes qui pénètrent tout formés dans le corps, et dont nous n'avons pas à étudier le lieu ni le mode de formation. Les questions physiologiques qui s'y rattachent, et qu'on doit éviter de traiter en anatomie, sont les causes des *modifications* de quantité d'eau introduite, c'est-à-dire les circonstances extérieures (température, etc.) qui amènent l'état intérieur particulier ou sensation qui entraîne à faire varier la quantité habituelle d'eau ingérée.

2° Connaissant déjà la quantité et l'état de l'eau dans l'économie, il faut donc ensuite rechercher quelle est la quantité

de ce principe qui s'échappe du corps, et par quelles voies, à quel état, sous quelle forme. L'eau est en effet un des principes qui sortent de l'économie tels qu'ils y sont entrés, et ne disparaissent pas dans le corps en se combinant à d'autres, ou s'y dédoublant. Il n'y a, par conséquent, pas à chercher pour l'eau, comme pour beaucoup de principes, l'oxygène, par exemple, etc., l'endroit où elle perd l'état spécifique qu'elle avait d'abord, pour faire partie d'un autre principe, et de quelle manière le fait se passe.

776. — L'eau qui s'ajoute à celle de l'ovule, pendant le développement de l'embryon, vient du corps de la mère, par imbibition, au travers de la membrane vitelline d'abord, laquelle puise dans le mucus des trompes. Ensuite elle vient par les villosités choriales devenues vasculaires après le développement de l'allantoïde, lesquelles l'empruntent au sang maternel; ce qui dure jusqu'après la naissance.

Après la naissance, l'eau ne pénètre habituellement dans le corps, chez les principaux vertébrés, du moins, que par l'intestin, à l'aide des aliments solides et liquides. Accidentellement, elle pénètre par la peau; c'est dans le bain. Nous n'avons pas à nous occuper ici de ce fait, qui n'est habituel que chez certains vertébrés ovipares et plusieurs invertébrés.

La quantité d'eau introduite normalement dans le corps, en vingt-quatre heures, varie considérablement suivant les individus, suivant les âges, les circonstances extérieures, etc.

Pour Linnings(1), les boissons étaient aux aliments solides: : : 1 : 3,66;

Sanctorius (2), : : 1 : 3,33;

Robinson (3), : : 1 : 2,50;

Rye (4), : : 1 : 1,33;

(1) Linning, *Philosoph. transact.*, 1742-1743.

(2) Sanctorius, *De medicina statistica aphorismi*, 1614-1634. — *Opera omnia*. Paris, 1770, in-12.

(3) B. Robinson, *L'economia animale*, etc. Trad. d'all inglese, da B. Perotti, con annotazioni, 2 tav. gr. in-4°, p. 30 et suiv., Siena, 1757; ou Haller, *Elementa physiologiæ*, 1777, in-4°, t. VI, p. 257; et Burdach, *Traité de physiologie*, Paris, 1841, t. IX, p. 257.

(4) Rye, *Rogers' Essay on epidemic diseases*. Dublin, 1743.

Cornaro, : : 1 : 1,16.

Mais ainsi que le remarque Burdach, on ne peut rien établir de général à cet égard; il faut tantôt plus, tantôt moins de boisson, suivant que les aliments contiennent plus ou moins d'eau.

Sous ce rapport, les données fournies par M. Barral sont préférables, car il a tenu compte de l'eau ingérée tant dans les aliments liquides de tout genre que dans les aliments solides (1). Voici le tableau dans lequel il résume ses analyses :

	Eau naturelle des aliments.	
Homme de 29 ans, pendant l'hiver (décembre).	1998	grammes.
Même individu en été (juillet).............	1842	—
Enfant mâle de 6 ans (février).............	1069	—
Homme de 59 ans (mars)..................	2002	—
Femme de 32 ans (mai)..................	1737	—

Ces chiffres sont la moyenne de l'eau ingérée sous les deux formes indiquées tout à l'heure pendant cinq jours.

M. Barral faisant en outre l'analyse *élémentaire* des aliments et celle des substances rejetées au dehors, tant acide carbonique que fèces et urine, trouve dans les aliments un excédant de 250 à 178 grammes ou environ d'oxygène sur celui des excrétions. Il admet sans discussion, comme fait démontré, que cet oxygène se brûle avec de l'hydrogène des aliments pour faire de l'eau qu'il appelle *eau prédisposée des aliments*. En outre, une autre portion de l'hydrogène des aliments se brûlerait aux dépens de l'oxygène de la respiration, et formerait ce qu'il appelle *l'eau de combustion pulmonaire*. Il en résulte ainsi qu'il admet l'entrée, dans le corps, de beaucoup plus d'eau que ne le montre l'expérience.

Mais à cet égard, il nous suffira de rappeler que déjà nous avons discuté longuement le fait de la prétendue combustion ou combinaison directe de l'oxygène au carbone des aliments. Nous avons montré que c'est une hypothèse, qu'on se paie de mots à cet égard; on peut en dire autant pour la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène devant former de l'eau. Il est possible et même probable, mais seulement probable,

(1) Barral, *loc. cit.*, 1850, p. 246 à 278.

qu'il sorte du corps de l'eau formée par dédoublement, par double décomposition. Mais quant à dire qu'elle est formée par combustion directe dans l'économie de ces deux éléments, nous savons suffisamment ce qu'il faut penser de ces prévisions théoriques de la chimie, toujours démontrées fausses par l'expérience, toutes les fois qu'au lieu de prendre le résultat en masse, on a voulu en vérifier expérimentalement les conséquences. Toutes les fois qu'importées du règne inorganique, les théories chimiques ont voulu rendre compte d'un phénomène, sans s'être préalablement adaptées, moulées pour ainsi dire exactement sur les nouvelles et si complexes conditions statiques que présente la substance organisée, elles ont échoué. Elles n'ont servi qu'à montrer qu'il fallait expérimenter directement sur l'ensemble des faits qui résultent de cette complication des conditions, et établir une théorie qui leur fût propre, qui leur fût adaptée; théorie non plus chimique dès lors, quoique reposant et s'appuyant incessamment sur la chimie, mais bien organique. C'est précisément pour faire ressortir ces faits, après avoir été forcé de les reconnaître par l'expérience anatomique et physiologique, que nous avons entrepris d'en aborder séparément chaque fait de détail, afin de pouvoir ensuite faire un tout de ce qu'ils ont de vrai en supprimant ce qu'ils offrent de faux et de vraiment inorganique.

Toutes les fois que la chimie importée en anatomie et en physiologie a voulu dépasser les limites d'un simple procédé, d'un moyen délicat et précieux d'analyse et d'expérimentation sur les corps organisés, morts ou vivants, elle a fait fausse route.

Les phénomènes que présentent les corps caractérisés par cet état complexe de dissolution les uns à l'aide des autres de principes déjà très complexes chimiquement, fait *élémentaire* et le plus simple de l'organisation, ne sont pas aussi directement, aussi brutalement chimiques qu'on le veut dire. Mettez *hydrogène* au lieu de *carbone* dans la discussion de l'*hypothèse de la combustion* au Chapitre Ier, et il sera possible d'en appliquer ici les arguments sans être obligé de les reproduire.

D'après quelques chimistes, il sortirait plus d'eau de l'économie qu'il n'en pénètre. C'est du moins ce qui résulte de la comparaison des analyses de chaque aliment introduits pendant cinq jours, faite par M. Barral, avec les chiffres obtenus par les auteurs qui ont expérimenté sur la quantité d'eau qui s'échappe du corps en vingt-quatre heures dans divers pays; car malheureusement M. Barral n'a pas fait d'expériences sous ce rapport. S'il y avait égalité de poids entre l'eau qui pénètre et l'eau qui sort, on dirait que la première entre d'un côté et s'échappe de l'autre ; ou bien qu'elle chasse une quantité d'eau égale à elle-même, et c'est l'eau, ainsi déplacée, qui s'échappe. S'il en sortait moins qu'il n'en entre, on aurait à rechercher le lieu où l'eau des boissons se fixe, sous quelle forme, et avec quel autre principe elle se combine, ou bien où elle se décompose; puis quelles sont les substances qui, en s'échappant (telles qu'épithéliums, poils, etc.), enlèvent au poids du corps la valeur du poids de l'eau qui se fixe.

M. Barral conclut de la prédominance de l'oxygène des aliments sur celui de l'urine et des fèces, ainsi que sur celui de l'acide carbonique expiré, que cet oxygène brûle de l'hydrogène directement. Il arrive de la sorte à dire qu'il se forme ainsi 200 à 440 grammes d'eau. Voyant, d'autre part, que les divers excréments ne contiennent pas autant d'eau qu'il en est entré, il ajoute, à ce surplus de l'eau des aliments, les 200 à 440 grammes ci-dessus, et il conclut de là au poids de l'eau d'évaporation cutanée et pulmonaire. Mais c'est un cercle vicieux qui ne prouve rien. Il aurait fallu chercher par expérience la quantité réelle d'eau qui s'échappe de la sorte. C'est alors seulement qu'il eût pu dire si tout cet oxygène forme réellement de l'eau, ou bien s'il concourt à former quelque autre principe.

Il est bien certain qu'il y a une corrélation constante et nécessaire entre la quantité en poids des substances qui entrent dans le corps et le poids des principes qui sortent. Mais ce n'est qu'après avoir constaté combien il en entre de chaque espèce, puis combien il en sort de chacune, qu'on pourra

conclure de celles qui entrent à celles qui sortent ; mais on ne saurait le faire, tant qu'on ne connaîtra pas mieux les phénomènes moléculaires complexes qui se passent dans les corps organisés. S'il est vrai que l'eau qui sort l'emporte sur celle qui entre, il s'en forme dans les tissus et humeurs. La quantité est peut-être celle indiquée par M. Barral ; il se peut qu'il soit tombé juste, mais on ne le saura réellement qu'après avoir fixé expérimentalement la quantité d'eau, de graisse, de poils, d'épithéliums qui tombent de la peau, avec la même exactitude qu'on connaît l'eau sortie par les urines et les fèces.

Quant au mode de formation de cette eau, ce que renferme le paragraphe précédent suffit pour montrer que le phénomène n'est pas aussi directement chimique que le veulent les chimistes. Le surplus de l'eau qui sort, s'il y a surplus, s'est peut-être formé par dédoublement, décombinaison de nutrition, ou désassimilatrice, de quelque substance organique ; pendant que ce dernier principe se reforme d'autre part par combinaison de nutrition, ou assimilatrice, d'autres espèces, et pourtant différant de l'eau selon toute probabilité. Telle est la complication du phénomène que fait soupçonner la complexité de l'organisation. Telle est la complication du double acte ou mouvement continu de composition et de décomposition qui caractérise la vie, et qui a des résultats si différents de ceux que présentent les phénomènes chimiques dans les corps bruts. Et pourtant au fond ici le phénomène élémentaire envisagé dans chaque principe pris isolément ne cesse pas d'être chimique ; mais il est moins brutal que ne le prétendaient les physiciens.

Issue de l'eau hors de l'économie.

777. — Elle s'échappe par les urines, les excréments, la peau et la muqueuse pulmonaire. La moitié environ de l'eau introduite dans le corps s'échappe sous forme d'urine, à l'état liquide. Nous avons vu qu'en moyenne cette quantité s'élève à 1000 grammes environ ; variant de 900 à 1200, suivant

les individus elle peut, sans maladies, varier de 800 à 1500 grammes.

Il résulte des recherches de M. Barral (1) que l'eau qui s'échappe par les matières fécales varie de 50 à 100 et quelques grammes par jour environ. Réunissant ces quantités à celles qu'il a obtenues en opérant par les urines, dans les mêmes conditions que ci-dessus, on forme le tableau suivant, que nous donnons, parce que c'est le seul auteur qui ait comparé la quantité d'eau rendue par ces deux voies sur les mêmes individus, à la quantité d'eau des aliments.

	Eau des aliments.	De l'urine.	Des excréments.	Total de ces deux substances.	Différence entre l'eau des aliments et celle rejetée.
Homme de 29 ans (déc.)..	1998	1071	106	1177	821
— (janv.).	1842	978	54	1032	810
Enfant de 6 ans (février)..	1067	504	62	566	503
Homme de 59 ans (mars).	2002	1723	142	1865	137
Femme de 32 ans (mai)..	1737	1112	25	1137	600

Voici une quantité d'eau introduite par les aliments, chaque jour, qui n'est rejetée ni par les urines ni par le rectum; c'est par la peau et le poumon que sans doute elle s'échappe.

La quantité d'eau qui sort par ces organes, à l'état gazeux, serait, d'après M. Barral, de 200 à 400 grammes plus considérable encore, c'est-à-dire, s'élèverait suivant les sujets et les conditions extérieures, de 522 à 1287 grammes par jour. C'est qu'en effet la quantité d'eau formée par la prétendue combustion de l'hydrogène des aliments par leur propre oxygène et celui de la respiration s'élèverait à la quantité de 200 à 400 grammes par jour. Mais comme il n'a pas recherché expérimentalement quelle était réellement la quantité d'eau qui s'échappe ainsi, on doit recourir aux auteurs qui se sont directement occupés de cette question.

Les chiffres qu'ils donnent varient du reste considérablement. Ceci ne doit pas étonner si l'on tient compte des variations considérables que doivent amener dans ces phénomènes la sécheresse ou l'humidité de l'air, la température, la pres-

(1) Barral, *loc. cit.*, 1850, p. 248 et suiv.

sion atmosphérique, l'épaisseur du derme et de l'épiderme, suivant les âges et les individus, la nature et la quantité des aliments, l'état de la circulation, etc. C'est à la physiologie d'indiquer toutes ces variations, en tenant compte de toutes ces données anatomiques et autres. On comprend aussi la difficulté d'arriver, sous ce rapport, à des résultats donnés en chiffres, ayant quelque exactitude. Fréquemment on s'est contenté d'un certain nombre d'heures d'expériences et de calculer ensuite pour toute la journée; il est, en effet, difficile de faire plus. D'après les tableaux qui suivent, on verra que la quantité d'eau qui s'échappe ainsi devrait être quelquefois plus considérable que la quantité totale des aliments introduits; le plus souvent elle serait, du moins, bien plus grande que la quantité d'eau ingérée communément dans les aliments, tant solides que liquides.

Quels que soient, du reste, les chiffres obtenus par les différents auteurs, ce qu'il y a de certain, c'est qu'il existe une corrélation constante et nécessaire entre la quantité d'eau qui entre dans le corps et celle qui sort. S'il en entrait plus qu'il n'en sort, le corps se distendrait indéfiniment; s'il en sortait plus qu'il n'en pénètre, il se dessécherait.

Seulement il est bien certain que pendant toute la durée de l'accroissement du corps, il en entre un peu plus qu'il n'en sort; et réciproquement, chez le vieillard, il en sort peu à peu plus qu'il n'en pénètre, puisque dans un cas le corps s'accroît, et que dans l'autre il diminue de poids; diminution qui porte certainement aussi bien sur la quantité d'eau des tissus qui disparaissent ou diminuent que sur leurs principes spéciaux, tels que les substances grasses ou azotées.

Voici les nombres donnés par les divers auteurs qui ont expérimenté sur ce point. Ils sont amenés par tous ces auteurs au chiffre supposé obtenu par une expérience ayant duré vingt-quatre heures. Ils comprennent à la fois l'évaporation pulmonaire et l'évaporation cutanée, qui sont en relation telle, que si l'une augmente, l'autre diminue, et *vice versâ*.

Sanctorius (1)	2500	grammes.
Rye (2)	1850	—
Gorter (3). Hollande	1532	—
Hartmann (4)	1442	—
Dodart (5). France	1032	—
Keil (6)	970	—
Linning (7). Caroline méridionale	1632	—
Martins (8). Suède	1442	—
Stærk (9)	1279	—
Dalton, en mars. Angleterre	1055	—
Dalton (10), en juin. Angleterre	1364	—
Lavoisier et Séguin (11). Transpiration cutanée	918	—
— — Transpiration pulmonaire	172	—
Thénard (12). Quantité de sueur en 24 heures:		
Minimum	840	—
Maximum	2442	—

On voit, d'après ce qui précède, que la quantité d'eau du corps qui s'échappe par la transpiration cutanée et la transpiration pulmonaire l'emporte en général sur la quantité d'eau qui s'échappe par les urines, même réunie à celle des matières fécales. Les chiffres de ces tableaux, à part ceux de Sanctorius, ne s'éloignent pas tellement qu'on puisse supposer de graves erreurs. Ils s'accordent assez avec ce qu'on peut attendre de variations individuelles ou de l'influence des climats divers, des saisons, etc. On sait aussi que chez les vieillards la quantité d'eau qui s'échappe par la transpiration est moindre; elle est proportionnellement plus grande chez les enfants.

Il résulterait des calculs de M. Barral (13) que, dans la

(1) Sanctorius, *loc. cit.*, 1770.

(2) Rye, *loc. cit.*, 1734.

(3) Gorter dans Sanctorius, *loc. cit.*, 1770.

(4) Hartmann dans Haller, *loc. cit.*, t. V, p. 60 et suiv., 1770.

(5) Dodart, *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1699.

(6) Haller, *loc. cit.*, 1778.

(7) Linning, *Philosoph. transact.*, 1743, p. 508.

(8) Martins, *Abhandlungen der Koeniglichen schwedischen Academie*, t. XL, p. 197, gr. in-8°, 1798.

(9) Dans Burdach, *Traité de physiologie*. Paris, 1837, t. VII, p. 355.

(10) Dalton, *Edinburgh new philosophical Journal*, 1832 et 1833.

(11) Lavoisier et Séguin, *Mém. sur la transpiration* (*Mém. de l'Académie des sciences*, 1790; *Ann. de chimie*, t. XC, p. 22-28).

(12) Thénard, *Recherches sur la sueur* (*Ann. de chimie*, 1806, t. LIX, p. 262).

(13) Barral, *loc. cit.*, 1850, p. 287.

deuxième de ses expériences faite en été, les transpirations pulmonaires et cutanées auraient donné moins d'eau qu'en hiver. Il l'explique en disant que l'air qui pénètre dans le poumon contient moins de vapeur d'eau en hiver qu'en été. Comme elle sort à la même température, elle doit en emporter davantage.

Il faut remarquer que les calculs des auteurs précédents ne sont qu'approximatifs, pour ce qui concerne l'eau pure, car ils ne tiennent pas compte des gaz échappés par la peau; ils ne tiennent pas compte de la matière odorante volatile, sécrétée par les glandes de l'aisselle. L'eau qui s'échappe du poumon s'échappe d'après les lois de l'évaporation, modifiées toutefois par la présence des substances organiques du mucus, mais elle n'est pas versée, sécrétée d'une manière spéciale. L'eau de la transpiration ou perspiration cutanée s'échappe d'après le même mécanisme. Il faut tenir compte de celle versée par les glandes dites sudoripares, qui ne sont pas partout répandues en quantité aussi grande qu'à la main, et ne sécrètent pas la sueur ou transpiration proprement dite, mais un liquide spécial qui se mêle naturellement avec l'eau de perspiration; mais est moins abondant qu'elle, sauf à la plante des pieds et à la paume des mains.

778. — Relativement à l'origine et à l'issue de l'eau du corps, chez les animaux, il y a eu beaucoup moins de recherches faites que chez l'homme; ce qui tient à ce que leur intérêt était beaucoup moins direct que les précédentes. Si l'on se reporte à l'état de nos connaissances anatomiques et physiologiques à l'époque des recherches de Sanctorius, etc., on comprend facilement quel intérêt de curiosité devait offrir la possibilité d'arriver à reconnaître s'il se fait réellement de la matière dans l'économie vivante; ce qui pouvait être une conséquence de la croyance à la faculté qu'auraient eue les corps organisés de faire des éléments chimiques des corps simples. Une fois reconnu qu'en tenant compte de l'eau d'évaporation pulmonaire, de l'eau d'évaporation cutanée et de celle qu'elle sécrète en même temps que de l'urine et des

fèces, on trouve un rapport constant et exact entre la quantité des substances qui pénètrent et le poids des substances qui sortent, sauf dans le jeune âge et à l'approche de la vieillesse, on conçoit que les idées de ce genre devaient se trouver fortement ébranlées.

Lorsqu'on fut arrivé dans l'étude des composés extraits de l'économie vivante à une période de savoir analogue à celle des connaissances qu'on avait alors sur les corps d'origine minérale, les chimistes tentèrent, par des efforts analogues à ceux des staticiens de l'autre siècle, de prouver que les substances organiques se font toutes dans les végétaux ; qu'elles se font par des réactions directement chimiques, au même titre que celles du laboratoire, mais que rien ne se fait dans les animaux. Ceux-ci ne faisant que transformer et détruire, il en découlait naturellement cette idée qu'il n'y avait plus qu'à introduire en masse ces substances, ou bien à introduire des sels ayant la propriété de faciliter la transformation de substances réfractaires et habituellement rejetées, pour obtenir des résultats inconnus jusqu'alors. Il n'y avait plus que cela à faire d'après l'hypothèse, pour prévoir d'avance des résultats certains dépassant de beaucoup tout ce qu'avaient pu obtenir les praticiens les plus expérimentés, dont la sagacité ne sera reconnue et appréciée à sa véritable valeur, que lorsqu'on aura cessé d'être imbu à cet égard des préjugés chimiques, c'est-à-dire inorganiques, appliqués directement aux substances organiques.

D'après M. Boussingault (1), la quantité d'eau introduite par un cheval en vingt-quatre heures (octobre 1838), est de 17377 grammes; celle rejetée par les urines et les fèces est de 11753 grammes; d'après Valentin et Brunner (2) (18 novembre 1840), 31385 grammes; celle rejetée par les urines et les fèces, 18644 grammes.

(1) BOUSSINGAULT, *Analyses comparées des aliments consommés et des produits rendus par un cheval* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1838, t. LXI, p. 128).

(2) VALENTIN et BRUNNER dans R. WAGNER, *Handwœrterbuch der Physiologie des Menschen*. Brunswick, 1842-1845, p. 381.

M. Barral déduit par des calculs semblables à ceux que nous avons indiqués pour l'homme, et qu'il est inutile de reproduire, puisque nous avons vu qu'ils ne peuvent pas suppléer à l'expérience directe; il en déduit, disons-nous, que l'eau sortie par la peau et le poumon s'élève dans le premier cas à 7921 grammes, et dans le deuxième cas, à 16127 grammes.

Nous ne reproduisons ces chiffres et les tableaux qui suivent, que comme documents, car les remarques faites relativement à l'homme sont en tous points applicables ici.

M. Boussingault a expérimenté aussi sur une vache laitière, et a obtenu les résultats qui suivent (1) (mai 1839) :

Eau des aliments et boissons en vingt-quatre heures, 71964 grammes; eau des urines et fèces, 39037 grammes.

M. Barral a déduit pour l'eau qui sort par le poumon et par la peau la quantité suivante : 35280 grammes. Chez le mouton M. Barral a obtenu les résultats suivants (2): dans la première et la troisième expérience l'animal était au régime du sel; dans la deuxième, il était au régime ordinaire. Toutes ont été faites en juillet et août 1849. Ces chiffres sont les moyennes pour vingt-quatre heures de quatre jours d'expériences pour les deux dernières, et cinq pour la première.

I.	Eau des aliments et boissons,	1219 gr.	Eau des urines et fèces,	931 gr.
II.	—	1375	—	889
III.	—	2061	—	1371

L'eau sortie par la peau et les poumons serait : I............ 424
II........... 716
III.......... 868

Rôle de l'eau dans l'économie.

779. — Dans les généralités de ce livre, c'est-à-dire l'exposé des faits généraux s'appliquant à toutes les questions de détail traitées dans les chapitres qui leur font suite, se trouvent développées des questions qui s'appliquent à tout un des chapitres spéciaux, tels que celui de l'eau, par

(1) Boussingault et Lebel, *Analyse comparée des aliments consommés et produits par une vache laitière* (*Ann. de phys. et de chim.*, t. LXXI, p. 113, 1839.

(2) Barral, *loc. cit.*, 1850, p. 310.

exemple. Il est d'autres questions qui sont, au contraire, la concentration dans un petit espace des faits particuliers développés dans les chapitres qui traitent de chacun des principes séparément.

Pour les usages généraux de l'eau de l'économie se présente un exemple du premier genre. Sauf ce qui concerne ses usages mécaniques, comme l'élasticité qu'elle donne aux tissus, etc., tout ce qui se rapporte à ses usages chimiques, les plus importants de tous, se trouve développé dans l'article qui traite des dissolutions et dans celui relatif à l'état sous lequel on trouve les principes immédiats dans l'économie.

C'est l'eau qui donne aux substances organiques qui composent les éléments anatomiques, et par suite les tissus, leurs propriétés mécaniques.

Aux substances liquides elle donne la fluidité qui permet leur facile échange entre elles et avec les milieux ambiants, la fluidité qui permet leur transmission d'une partie du corps à l'autre ou du dehors au dedans. « C'est à sa faveur que beaucoup de substances diverses s'introduisent dans le corps où les gaz spécialement ne pénètrent que par les parties humectées (1). » La diminution de leur eau leur enlève peu à peu ces propriétés, et peut ainsi amener la cessation des actes continus de composition et de décomposition, par suite de la cessation des phénomènes de translation et d'échange qui sont les conditions physiques des actes moléculaires ci-dessus.

Aux parties demi-solides, ou parties molles, elle donne leur élasticité, leur consistance spéciale, qu'on ne retrouve presque nulle part dans le règne minéral. Enlevez l'eau, et cette élasticité, cette consistance spéciale, cette extensibilité disparaissent. Rendez-leur cette eau, et ces propriétés reparaîtront (2), sinon complétement, d'une manière aussi parfaite qu'auparavant, parce que l'évaporation du liquide a modifié les substances auxquelles l'eau était unie, du moins en grande partie.

Aux parties dures elle donne diverses propriétés : au cartilage, sa flexibilité ; à l'os, sa ténacité. Otez l'eau à ces substances si tenaces, quoique peu élastiques, et elles deviennent friables. Mais comme la combinaison était ici plus intime, il faut des actions extérieures, physiques et chimiques bien plus fortes que pour les parties demi-solides ; aussi l'altération de l'état sous lequel étaient les principes solides est-elle bien plus grande que pour les tissus énoncés plus haut, et une fois enlevée au tissu osseux ou dentaire, etc., l'eau ne peut leur être rendue ; ils ne se combinent plus avec elle.

L'eau, suivant qu'elle augmente ou diminue de quantité, augmente ou diminue le volume des parties du corps où elle se trouve. Elle est de plus

(1) Burdach, *loc. cit.*, 1837, t. VIII, p. 77.

(2) Chevreul, *De l'influence que l'eau exerce sur plusieurs substances azotées solides* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1822, t. XIX, p. 2).

une des conditions d'existence des propriétés mécaniques des parties, comme la mollesse, la flexibilité, l'extensibilité et l'élasticité de toute substance organisée dont elle fait partie ; aussi les tendons et les cartilages auxquels la dessiccation a fait perdre ces qualités, les recouvrent-ils dans l'eau, tandis que l'alcool, par exemple, ne les leur rendent pas. Le rôle physiologique ainsi rempli par l'eau est sous la dépendance de la quantité que renferme chaque partie, et cette quantité dépend elle-même, et de la propriété des autres principes d'absorber plus ou moins d'eau, et de la pression atmosphérique, ainsi que de la température ambiante. Autant de conditions extérieures qui viennent faire varier la quantité d'eau, et par suite les propriétés qu'elle concourt à donner à chaque ordre de parties de la substance organisée.

780. — A toutes les parties tant liquides, demi-solides, que parties dures, l'eau donne la possibilité de manifester leurs propriétés chimiques qui resteraient nulles, comme on le voit pour les dépôts morbides cristallins, si leurs principes n'étaient ramenés à l'état dont nous parlons. C'est à elles qu'est due la possibilité de cet échange continu des principes, qu'est due la possibilité de ces actes continus de combinaison et décombinaison, *quia corpora non agunt nisi soluta.* C'est elle qui fait qu'une fois la combinaison entre principes immédiats effectuée, elle ne reste pas indéfiniment ce qu'elle est un instant ; c'est elle qui fait qu'elle ne reste pas fixe, indéfiniment stable. Elle concourt à lui donner cette instabilité caractéristique des tissus organisés ; combinaisons qui sont les plus faibles, les plus instables connues, les plus voisines des dissolutions proprement dites ; les plus faibles de toutes les combinaisons chimiques. Aussi toutes les fois que l'eau diminue naturellement ou accidentellement, la combinaison prend un caractère de fixité qui entraîne le ralentissement des phénomènes d'assimilation et de désassimilation. Les tissus s'incrustent, et le phénomène finit par cesser ; il y a mort. Toutes les fois que l'eau augmente, elle dissout, elle s'empare des principes qu'elle touche, elle en facilite les actes de combinaison et de décombinaison ; la nutrition s'active. Le bois s'incruste, durcit, meurt, et dure ensuite presque indéfiniment. Les parenchymes et les chairs échangent activement leurs principes, restent d'égale consistance, ou se ramollissent et se résorbent.

Mais ne considérez pas ces faits, ni les uns ni les autres, comme des avantages, ce sont simplement des conditions d'existence sans lesquelles l'être n'existerait pas, sans lesquelles il n'y aurait pas de vie possible. Voyez, en effet, à côté de ces prétendus avantages, ou mieux pour se placer au point de vue réel, si ce sont des conditions d'existence, des conditions de vie, ce sont aussi des conditions de mort. Sa présence permet cette facile altération de nature inconnue, mais réelle, des humeurs, qui entraîne des troubles généraux et simultanés, cause de la mort rapide, des infections putrides, purulentes, méphytiques, etc. C'est elle qui facilite

la transmission des poisons, la gangrène humide des tissus cellulaires, musculaires, etc. C'est elle, enfin, qui procure l'aptitude à se décomposer, à subir ces rapides phénomènes de putréfaction que n'offrent pas les tissus incrustés des plantes ou des os. Sortez pour un instant de cet esprit d'observation étroite, qui n'ose jeter les yeux au delà d'une insertion musculaire ou d'une forme cristalline, et ne voit de réel que les faits de ce genre; voyez autour de vous quelle gêne constante, quelle quantité de précautions détermine, pendant toute la durée de la vie, ce simple fait d'une quantité considérable d'eau dans nos tissus, et de la nécessité de la maintenir la même entre certaines limites, et voyez si ce sont là des avantages. Mais ce sont des conditions d'existence.

Procédés à employer pour déterminer la quantité de l'eau contenue dans la matière organisée (1).

781. — « On peut estimer la quantité de l'eau contenue dans les matières organiques de deux manières : 1° en les exposant au vide séché par l'acide sulfurique concentré ; 2° en les plaçant dans une capsule ou une boîte chauffée par l'eau bouillante. Dans les deux cas il faut que les matières soient réduites au plus grand état de division possible, et qu'elles soient distribuées en couche mince, afin que la température soit la même dans toute l'épaisseur de la couche (2). »

M. Chevreul, ayant desséché comparativement un grand nombre de matières organiques par le vide sec, à la température de 20 à 25 degrés, et par leur exposition dans une capsule mince et couverte qui flottait dans un bain d'eau bouillante, a observé que, par le premier de ces moyens de dessiccation, on enlève sensiblement plus d'eau à ces matières que par le second. La quantité est de 1 à 2 pour 100.

Le vide sec a un très grand avantage sur l'étuve, quelle que soit sa perfection. Il ne fait pas éprouver aux matières qu'on y expose des changements qu'on doit rapporter à un commencement de cuisson. Pour s'en convaincre, il suffit de se rappeler les phénomènes que présente l'albumine du blanc d'œuf desséchée par les deux procédés. L'albumine qui a été exposée dans le vide sec reproduit du blanc d'œuf liquide, lorsqu'on y ajoute l'eau qu'elle a perdue, tandis qu'en ajoutant à l'albumine séchée à 100 degrés la proportion d'eau qu'elle a perdue, on a une matière semblable au blanc d'œuf cuit. Ce résultat est d'une grande importance pour l'analyse organique, surtout si l'on y attache l'observation suivante faite par M. Chevreul : quand on fait sécher dans le vide sec deux portions égales d'albumine extraite d'un même œuf, l'une de ces por-

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 107 et suiv.
(2) Chevreul, *loc. cit.*

tions ayant préalablement été coagulée par la chaleur, l'autre ne l'ayant point été, le poids des résidus qu'on obtient est égal de part et d'autre (1). On peut considérer une matière qu'on a séchée comme ayant été amenée à un état constant, ou à peu près constant, lorsqu'on a déterminé avec soin les circonstances où l'on a opéré la dessiccation de cette matière; c'est-à-dire qu'on a noté ce qu'elle a perdu d'eau pendant le temps qu'elle est restée exposée au vide sec à une température connue, et surtout quand on s'est assuré que son poids restait le même, ou à peu près le même, après une dernière exposition dans le vide sec de cinquante heures au plus.

Quant à l'emploi de la balance et aux précautions particulières que nécessitent diverses substances dont on veut déterminer la quantité d'eau d'une manière précise, les procédés sont trop semblables à ceux employés en chimie pour que nous cróyons nécessaire d'en parler ici. Comme pour faire les études dont ce livre traite il est nécessaire de connaître la chimie, comme elles font suite aux études de ce genre, nous devons naturellement la supposer connue, sans quoi on serait forcé de répéter ici des détails minutieux dont ce n'est pas la place. Nous nous bornerons donc aux remarques précédentes tirées de l'ouvrage de M. Chevreul, que nous avons cité déjà si souvent et citerons encore.

Historique.

782. — L'eau existe dans toutes les parties du corps sans exception; c'est le principe immédiat le plus répandu. C'est naturellement le plus anciennement connu. Le feu et la balance, ou la vue et le toucher, suffisaient seuls pour en constater l'existence.

Après l'avoir envisagée dans le corps pris en masse au point de vue de sa quantité, de l'état tant physique que chimique sous lequel on la trouve, il faudrait maintenant, à partir du premier auteur qui a parlé de ce principe, suivre les phases successives par lesquelles son histoire a passé pour arriver à l'état où elle en est. Mais il est facile de voir qu'il ne s'agirait rien moins que de passer en revue tous les travaux sans exception qui ont été faits tant sur les solides que sur les humeurs. Ceci est une conséquence de ce fait, que l'eau existe dans toutes les parties de l'économie, et aussi de cet autre fait que jamais l'histoire anatomique de ce principe immédiat n'a encore été faite à part. Il n'y a pas eu pour l'eau de travaux analogues, par exemple, à ceux qui ont été publiés sur l'acide carbonique, l'azote, etc... Or, à l'exception des recherches spéciales de quelques auteurs sur la quantité de sueur qui s'échappe du corps, l'histoire des progrès de nos connaissances sur l'eau se confond avec celle qui sera donnée plus tard pour les humeurs; aussi nous avons cité avec soin, chemin faisant, les savants qui ont publié les déterminations de la quantité d'eau les plus récentes et

(1) CHEVREUL, *loc. cit.*, 1824, p. 108.

par suite les plus précises, grâce aux perfectionnements graduels des moyens de l'apprécier. Mais, comme on a pu le voir, à part le travail de Wienholt, nul auteur n'a tenté de donner un tableau général de la quantité d'eau dans tous les tissus et les humeurs. C'est pourtant le seul principe dont la première détermination soit restée exacte depuis les chimistes du XVI[e] et du XVII[e] siècle, tels que Barbati (1), Boyle (2), Verrati (3), etc. Quant à sa quantité, la détermination en a été donnée exactement plus ou moins tôt, selon les espèces de tissus et humeurs, selon la facilité avec laquelle on pouvait la chasser sans décomposition. C'est principalement depuis qu'on a pu employer le vide sec, depuis les travaux de M. Chevreul sur ce sujet, que toutes les recherches ont acquis sous ce rapport généralement un caractère d'exactitude et de précision qui leur manquait auparavant. Nous trouverons néanmoins la détermination de l'eau très exactement donnée dans un grand nombre d'analyses de Fourcroy, Vauquelin, Berzelius et de plusieurs autres chimistes. On peut voir, du reste, dans le *Traité des liqueurs*, de Vieussens, que les anciens étaient loin de négliger les questions de ce genre. Quoiqu'il ne reste plus rien d'utile de tous leurs travaux, les essais successifs auxquels ils se sont livrés sur les proportions d'eau, d'huile, de sels des diverses parties du corps, ont certainement influé sur les progrès que les chimistes qui leur ont succédé ont fait faire à leur science.

DEUXIÈME TRIBU

DE LA PREMIÈRE CLASSE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

PRINCIPES SALINS OU SELS D'ORIGINE MINÉRALE.

Synonymie : *Parties terrestres* (Boerhaave), *principia mineralia; sels minéraux, inorganiques; parties terreuses; substances minérales, inorganiques, brutes ou terrestres; cendres.*

783. — *Définition.* Les principes de cette tribu ont pour caractères communs d'être toujours cristallisables et à l'état liquide par dissolution directe ou indirecte, ou alternativement à l'état liquide et solide, mais jamais gazeux (sauf quelquefois le carbonate d'ammoniaque). Ce sont tous des corps de composition ternaire ou quaternaire à l'état salin.

(1) Barbati, *Tractatus de sanguine ejusque sero.* Francofurti, 1669, in-12.
(2) Boyle, *Apparatus ad naturalem sanguinis humani ac spiritus præcipue ejusdem liquoris historiam.* Londini, in-8°, 1684.
(3) Verrati, *Notomia delle acque*, a Mayali edita, 1715, in-8°.

784. — Ils sont au nombre de vingt-trois ; ce sont :

1. Le chlorure de sodium.
2. Le chlorure de potassium.
3. Le fluorure de calcium.
4. Le chlorhydrate d'ammoniaque.
5. Le carbonate de chaux.
6. Le bicarbonate de chaux.
7. Le carbonate d'ammoniaque.
8. Le bicarbonate d'ammoniaque.
9. Le carbonate de magnésie.
10. Le carbonate de potasse.
11. Le bicarbonate de potasse.
12. Le carbonate de soude.
13. Le bicarbonate de soude.
14. Le sulfate de potasse.
15. Le sulfate de soude.
16. Le sulfate de chaux.
17. Le phosphate de chaux des os ou basique.
18. Le phosphate acide de chaux.
19. Le phosphate de magnésie.
10. Le phosphate neutre de soude.
21. Le phosphate acide de soude.
22. Le phosphate de potasse.
23. Le phosphate ammoniaco-magnésien.

Plus tard, il faudra y joindre les principes dont la silice, le fer, le manganèse, le cuivre, etc., font partie, lorsqu'on aura déterminé de quelles espèces ces éléments sont réellement partie constituante.

785. On n'a pas déterminé le poids de ces principes comparé à la masse du corps ; mais on connaît les proportions de cendres, c'est-à-dire de substances d'origine minérale, non destructibles par la combustion, que renferment les divers tissus et humeurs. Il est à noter que ces chiffres doivent être considérés comme ne donnant la proportion des principes de cette tribu que d'une manière approximative, car : 1° la combustion chasse l'acide carbonique des carbonates quand la combustion est faite à une température trop élevée ; 2° par ces chiffres se trouvent embrassées les bases des sels de la deuxième classe, c'est-à-dire à acides d'origine organique. Or comme l'observation montre que les sels de la première classe et ceux de la deuxième remplissent dans l'économie des rôles complétement différents, il en résulte que les analyses qui donnent un résultat unique pour ces deux ordres de choses sont mauvaises, c'est-à-dire sont inutiles ou n'offrent qu'une utilité fort éloignée. C'est ce qui fait que nous avons dû laisser de côté un nombre considérable d'analyses dans lesquelles on a donné les proportions de cendres ; mais nous devons dire que nous ne sommes parfaitement sûrs d'aucuns des chiffres qui suivent, lesquels sont donnés ici pour la méthode, et parce que mieux

vaut un résultat approximatif que pas du tout. Ce fait montre aussi dans quelles limites restreintes l'incinération doit être considérée comme un procédé applicable à l'analyse anatomique.

Email (Berzelius)	980,00 p. 100.		Sang de femme (Becquerel et Rodier)	7,69 p. 100.	
Excréments solides du chien (1)	858,48	—	Sérosité thoracique	7,20	—
Excréments solides du chien (Pepys)	800,40	—	Suc pancréatique	7,20	—
Sable cérébral	770,00	—	Sang d'homme (Becquerel et Rodier)	6,49	—
Dents	700,00	—	Humeur nasale	6,50	—
Os	592,00	—	Bile	5,20	—
Smegma cutané	237,00	—	Cartilage articulaire	5,00	—
Cerveau (Vauquelin)	66,50	—	Cœur	4,60	—
Sperme	40,00	—	Salive	4,40	—
Cartilage costal	34,00	—	Excrétion pulmonaire	3,20	—
Synovie	31,60	—	Colostrum immédiatement après l'accouchement (Simon)	3,10	—
Urine	18,50	—	Lait de vache aussitôt après le part (Boussingault et Lebel)	3,00	—
Sérosité de l'œil	12,90	—	Lait normal de femme (Simon), 1,74; 30 à	2,76	—
Sérosité abdominale	11,40	—			
Sang	11,10	—			
Muscles (Berzelius)	9,80	—			
Foie (Braconnot)	9,70	—			
Viande (Liebig)	8,71	—			
Sérosité cérébrale	8,10	—			

Les cendres de l'urine rendue en 4 jours pesaient	57 gr. 50	(2).
Celles des matières fécales rejetées pendant le même temps ont donné	11 gr. 47	

M. Chambert a trouvé les quantités suivantes de sels dans l'urine :

Urines considérées en masse.	Moyenne	13,024	Urine du matin.	Moyenne	9,332
	Maximum	18,055		Maximum	19,102
	Minimum	8,161		Minimum	3,580
Urines du repas.	Moyenne	16,394	Urine des boissons.	Maximum	21,130
	Maximum	21,370		Minimum	2,463
	Minimum	11,190			

Il y a d'autant plus de sels dans l'urine que l'on en a davantage introduit avec les aliments; il n'y a pas de rapport même approximatif entre la quantité des sels et la densité de l'urine (3).

(1) Vohl, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1847, t. LXV, p. 266.

(2) Porter, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1849, t. LXXI, p. 109.

(3) Chambert, *Recherches sur les sels et la densité des urines chez l'homme sain* (*Recueils des mémoires de médecine et de pharmacie militaires*, 1845, t. XLVIII, p. 328).

Krahmer a observé que les diurétiques, la température et l'état de l'atmosphère sont sans influence sur la quantité des matériaux salins ou autres dissous dans l'urine ; dans l'état normal cette quantité n'est influencée que par les aliments. Il a obtenu les résultats suivants (1) :

Urine du matin, 2 heures avant le dîner.	26 juin	20,89	Urine du matin.	27 juin	22,60
	3 juillet	20,70		4 juillet	32,10
	5 août	26,40		6 août	24,30
	27 août	22,90			
	28 août	24,00			
Urine du soir, 2 h. après le souper.	26 juin	25,40			
	3 juillet	26,30			
	5 août	22,90			
	27 août	22,70			

Sels des os desséchés, pour 100 (Rees.) :

	Homme adulte.	Enfant nouveau-né à terme.		Homme adulte.	Enfant nouveau-né à terme.
Tibia	60,01 °/o	56,52	Vertèbres	57,42	
Fémur	62,02	57,51	Côtes	57,49	53,75
Humérus	63,82	58,08	Clavicule	58,52	56,75
Péroné	60,02	56,00	Os iliaque	58,79	58,50
Cubitus	60,50	57,59	Omoplate	54,51	56,60
Radius	60,51	56,50	Sternum	56,00	
Temporal	63,50	55,90	Métatarsiens	66,52	

D'après Schreger, les os renfermeraient les quantités suivantes de sels :

Os d'enfants.	48,48 p. 100.	Os de vieillards.	84,10 p. 100.
— d'adultes.	74,84		

Le résidu sec de la salive renferme (2) :

Salive quotidienne	33 à 53 p. 100.
Salive mixte	40

786. — Relativement aux autres caractères d'ordres physique et chimique de cette tribu, voir ce que nous avons dit pour la classe considérée en général, pages 7 et 9.

Nous ajouterons seulement ici quelques faits relatifs à l'union des espèces de cette tribu aux principes de la troisième classe.

(1) KRAHMER, *Journal für prakt. Chemie*, 1847, t. XLI, p. 1.

(2) MAGENDIE, *Étude comparative de la salive parotidienne et de la salive mixte du cheval* (*Comptes rendus de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1845, t. XXI, p. 902).

Les composés de cette tribu ne sont unis dans l'économie à ceux de la deuxième classe que par dissolution. Ils sont, comme eux, dissous dans l'eau, ou bien encore étant dissous, ils servent alors de dissolvant pour quelques uns : par exemple, les solutions de sels à base alcaline dissolvent dans le sérum certains principes de la tribu des corps gras, etc.

Mais on ne trouve pas de principe de cette tribu combiné autrement que par dissolution à ceux de la deuxième classe; on ne trouve pas de principes formés par combinaison de deux autres espèces. Si cela était, on aurait des composés définis unis à des corps de composition définie, ce qui donnerait d'autres composés définis eux-mêmes; ce qui, enfin, conduirait à une confusion inextricable.

Or, l'expérience démontre qu'il n'y a pas normalement de principe défini cristallisable formé par combinaison de deux ou plusieurs espèces cristallisables, extraites d'une manière immédiate de la substance organisée.

Il n'y a à ce fait qu'une seule exception qu'il ne faut pas hésiter à signaler, c'est la combinaison d'urée et de sel marin, que nous appellerons *chloro-sodate d'urée*, pour abréger. Dans cette combinaison, les propriétés de l'urée, comme principe cristallisable d'origine organique, c'est-à-dire destiné à être évacué en tant que produit de désassimilation devenant nuisible à l'organisme, se trouvent masquées, neutralisées, et pourtant, d'autre part, ce n'est pas là du sel marin; le mode ordinaire de cristallisation de ce corps se trouve alors changé. C'est sous cet état que l'urée se trouve dans le sang, dans l'humeur vitrée de l'œil, et en partie dans l'urine. Or, ainsi que nous l'avons déjà tant de fois fait remarquer, comme chaque principe est dans l'économie facteur de quelque chose, nul doute que cette combinaison, qui n'a plus ni les propriétés de l'urée ni toutes celles du chlorure de sodium, ne joue un rôle spécial dans l'organisme, et ne doive être considérée comme un principe à part. Du reste, il est très facile de distinguer par plusieurs moyens le chloro-sodate d'urée de tout autre principe, soit d'origine minérale, soit d'origine

organique, en sorte que ce qui précède ne change rien à la détermination générale des espèces de principes immédiats, telle que nous l'avons donnée. L'hippurate de chaux et l'acide hippurique peuvent bien encore se mêler tous les deux ensemble au carbonate de chaux dans l'urine de lapin; mais comme le mélange ne fait que rendre plus abondante une des variétés de forme cristalline du carbonate, sans en faire apparaître de nouvelle, ni faire disparaître les formes types, il n'y a rien qui donne à cette union le caractère de combinaison : c'est un simple mélange.

Peut-être citerait-on encore, pour quelques cas, le phosphate ammoniaco-magnésien, qui pourrait être regardé comme formé de phosphate de magnésie et de phosphate d'ammoniaque, si sa formule n'était $2MgO. AzH^3. HO. PhO^5 + 12\,HO$.

Mais le phosphate d'ammoniaque n'existe dans l'économie que pathologiquement, dans les cas où, après avoir enlevé les reins, l'urée est éliminée par l'intestin, à l'état de combinaison ammoniacale (Bernard); alors du phosphate d'ammoniaque se rencontre dans le mucus intestinal. On ne peut non plus considérer les urates, hippurates et lactates, comme des composés formés par union d'un principe de la deuxième classe (acide urique, etc.), avec un principe de la première, qui serait la soude, la chaux, etc., puisque ces oxydes n'existent pas à l'état libre dans l'organisme. Ils ne se forment qu'en décomposant un principe de la première classe, en s'emparant d'une partie de leur base, qui n'est pas un instant à l'état libre, car elle ne fait que quitter un acide pour se combiner aussitôt à un autre.

Au contraire, plusieurs des principes de la première classe, les phosphates surtout, ont la propriété de se combiner à ceux de la troisième classe, à une substance organique; et par suite les premiers (sels de chaux, etc.), s'ils étaient insolubles, deviennent solubles comme les substances organiques auxquelles ils se combinent.

Remarquons que ce sont là des principes immédiats de

composition chimique non définie, non cristallisables; que ce sont celles de ces espèces de principes dont l'histoire est entièrement organique ou anatomique. Ce ne sont pas de ces espèces de composés qui, en raison de leur composition déterminée, doivent avoir été étudiées comme *espèces chimiques*, avant d'être étudiées anatomiquement. Par conséquent, cette combinaison des principes terreux avec les substances organiques ne forme pas une classe nouvelle de principes immédiats. Il en résulte seulement des formes particulières de la substance organisée dont cette propriété des sels calcaires est une condition d'existence.

Bien que nous rejetions l'étude de la silice avec celle des principes douteux, il se pourrait bien que ce composé fût un véritable principe immédiat existant comme silice dans plus d'une région de l'économie; comme aussi il se pourrait que le silicate de potasse fût un autre principe immédiat. C'est ce que l'analyse anatomique, désormais rationnellement dirigée en se guidant sur les propriétés chimiques, connues d'avance, des principes dont l'existence n'est encore que soupçonnée, fera connaître. Ce qui porte à croire que la silice pourrait être un véritable principe immédiat, c'est sa propriété de se combiner aux substances organiques végétales, comme la cellulose, pour former la *substance organisée* des parois des cellules végétales: des graminées, par exemple. Elle se combine, du reste, non seulement à la cellulose, comme les phosphates à l'ostéine, etc., mais aussi à diverses substances organiques azotées; elle acquiert ainsi une solubilité dans l'eau qui ne lui appartient pas quand elle est pure.

Ce que nous venons de dire de la silice s'applique également à l'oxyde de fer et au phosphate de fer, qui ont aussi tous deux la propriété de se combiner aux substances organiques, comme l'albumine, etc.; et alors plusieurs de leurs propriétés peuvent même être masquées par suite de cette union. Comme pour la silice, il reste encore à déterminer par des analyses anatomiques convenablement dirigées, si l'oxyde de fer et le phosphate de fer sont deux principes,

ce qui est fort possible, ou s'ils n'en forment qu'un qui aura été décomposé dans un certain nombre de cas, par suite d'emploi de procédés trop grossiers, c'est-à-dire de moyens chimiques, au lieu de procédés dirigés anatomiquement d'après la connaissance de l'organisation des parties. Car il est facile de voir qu'on n'a encore tiré aucun parti de ces recherches dans lesquelles le fer est dosé à l'état métallique, comme s'il pouvait exister et agir dans l'économie à l'état d'élément chimique ou corps simple pur. Ce que nous venons de dire ici s'applique également au manganèse, au plomb et au cuivre.

Cette propriété des sels terreux, de se combiner aux substances organiques, est une propriété à étudier en elle-même à nouveau, qui ne peut se déduire des connaissances chimiques, car les substances organiques sont des espèces nouvelles de corps inconnus en chimie et purement organiques ou anatomiques.

Nous aurons plus tard, en traitant de la troisième classe, à étudier la propriété que possèdent les substances organiques de se combiner à un grand nombre d'espèces chimiques, comme le bichlorure de mercure, l'acide arsénieux, etc., etc.; étude qui, convenablement dirigée, éclairera un jour sur le mode d'union des principes véritables d'origine inorganique avec ces substances-là; et aussi sur le mode d'union ou d'action des principes accidentels ayant des propriétés médicamenteuses.

787. — Pour les caractères d'ordre organoleptique des espèces de cette tribu, voyez § 672, page 13.

Caractères d'ordre organique des principes de la deuxième tribu.

788. — Ces principes, comme tous les autres, n'ont d'autre caractère d'ordre organique que celui de concourir à former la substance organisée. Pour plusieurs, ce caractère repose sur la propriété qu'ils ont de se combiner aux principes de la troisième classe; cette propriété est une condition d'existence de la matière organisée.

Cette combinaison a lieu en général entre plusieurs espèces de phosphates et de carbonates, et une ou deux espèces de

substances organiques, d'où résulte la formation de certaines formes ou espèces de la substance organisée, comme celle des os, celle des dents, etc.

Voilà pour les cas les plus évidents ; mais il en est encore d'autres moins tranchés, quoique aussi nets. Il n'est pas d'espèce de substance organisée dans la constitution de laquelle il n'entre une certaine quantité de principes immédiats de la première classe, unis à elle comme les phosphates sont unis à l'osséine. Les sels qui s'y trouvent y sont en moindre proportion, mais il y en a. Nous l'avons déjà dit, il n'y a pas de *substance organisée* formée par une seule espèce de principes immédiats. Prenez la substance dont est principalement formée chaque cellule d'épithélium, celle qui constitue chaque fibre élastique, celle qui forme chaque fibre musculaire, et vous y trouverez toujours des sels unis à la substance organique qui en constitue la partie fondamentale, de la même manière que les phosphates sont unis à l'osséine. Seulement, dans la plupart de ces formes de substance organisée, ce sont les principes de la troisième classe qui dominent, et non ceux de la première, la substance organisée du tissu osseux et celle du tissu dentaire renferment seules plus de principes de la première classe que de ceux de la troisième, ainsi que nous venons de le voir.

Sur cette propriété chimique des principes de la première classe, de se combiner à ceux de la troisième et non pas à ceux de la seconde, autrement que par dissolution, repose un fait anatomique important. C'est que la plupart des principes de la deuxième classe sont rejetés, en général, directement par les urines et la bile ou se détruisent dans l'économie ; ils ne font donc partie de la substance organisée qu'accessoirement. Leur accumulation est même une altération, et devient cause de destruction, comme on le voit, par l'accumulation des principes des corps gras dans les cellules d'épithélium, dans les cellules des cavités du cartilage et dans un grand nombre d'autres éléments anatomiques dont c'est là un mode d'altération morbide ou sénile. Ce qui est vrai pour les principes

immédiats, par rapport aux éléments anatomiques dans lesquels ils s'accumulent outre mesure, dans lesquels ils se déposent autrement que comme partie nécessaire, l'est aussi pour les éléments anatomiques, tissus et systèmes formés principalement de ces principes-là, considérés à leur tour par rapport à l'organisme. C'est ainsi que l'accumulation des vésicules adipeuses, qui sont les seuls éléments anatomiques dont la substance soit formée surtout de principes de la deuxième classe, est un des modes d'altération de l'organisme et devient cause de mort; car jamais les individus atteints d'obésité n'atteignent un âge avancé.

789. — Quant aux particularités que peuvent offrir les principes de cette classe, étudiés dans leurs variations suivant les âges, les sexes, les races et les espèces, voyez page 14. Ils peuvent varier de quantité dans un grand nombre de circonstances morbides, ainsi que le prouvent les tableaux suivants.

Sels de la carie des os. La graisse étant enlevée, on trouve:

Portion du tibia prise au point d'amputation.........	62,56 p.100.
— prise à 2 pouces de l'extrémité articulée du tibia.	55,95
— spongieuse de l'extrémité articulaire même....	52,48
— de l'astragale prise au milieu de la carie.....	26,54
Autre carie du tibia, portion prise au lieu de la résection.	67,47
Portion spongieuse de l'articulation cariée...........	46,40
Ostéophytes	57,30
Carie du fémur, partie moyenne de l'os, seulement rugueuse à la surface..........................	64,55
Partie cariée couverte d'ostéophytes près de l'articulation du genou..................................	42,22
Carie sèche du cubitus..........................	56,25

Dans les matières salines il y avait toujours un peu de fluorure de calcium :

Pariétal d'un enfant de 3 ans (Frerichs).............	66,30
Pariétal et frontal d'un nouveau-né (Thilénius).......	65,20
Pariétal d'un adulte (Frerichs).....................	68,50
Occipital, femme de 25 ans (Bibra).................	68,70
Le crâne entier (Sébastien)........................	60,00
Pariétal de nouveau-né (Schlossberger) (1)	64,12

(1) SCHLOSSBERGER, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1849, t. LXX, p. 14.

Occipital de nouveau-né (Schloossberger)	....	66,40
Pariétal d'enfant de 1 jour. —	....	65,16
Occipital — —	....	65,89
— d'enfant de 5 semaines 1/2. —	....	61,15
— ramolli d'enfant d'un an tuberculeux	....	53,43
Pariétal ramolli — —	....	51,50
Partie spongieuse du pariétal du même	....	28,16
— du frontal —	....	29,44
Occipital de craniotabique de 4 ans	....	52,31
Pariétal — —	....	51,87
Occipital de craniotabique âgé de 2 ans 1/2, guéri depuis 9 mois	....	58,79

Dans le lait de vaches affectées d'une maladie des sabots, Herberger a trouvé les sels en quantité double de ce qu'ils sont à l'état normal :

Lait sain	....	0,71 p. 100.
1re phase de la maladie	....	1,68
	....	1,71
2e phase —	....	1,66
	....	1,39

Malgré l'importance qu'il y aurait à connaître la proportion des principes réels de la première classe, comparés à ceux de la deuxième et de la troisième, dans chaque espèce de tissus et d'humeurs, puisque toute partie du corps, sans exception, renferme des principes de ces trois groupes en certaine proportion, cependant, faute de direction anatomique et physiologique, les recherches de ce genre sont encore à faire. Nous avons déjà fait remarquer qu'elles n'existent même pas pour les parties considérées à l'état normal. Ce que nous avons dit des inconvénients de l'incinération, lorsqu'il s'agit d'humeurs comme l'urine, etc., qui contient des sels de la deuxième classe, parce que ce moyen violent les détruit et vient mêler le résultat fourni par leurs bases à celui fourni par les principes réels de la tribu dont nous parlons, s'applique également ici. Mais il est encore une cause qui fait qu'au milieu de l'innombrable quantité d'analyses des parties solides et liquides de l'économie normale et pathologique, il en est peu pour lesquelles le dosage des sels nous soit utile ; c'est que dans la plupart des cas, les matières extractives et les sels sont dosés ensemble. Or les matières extractives sont un

mélange de principes de la deuxième et de la troisième classe, qui se trouvent ainsi confondus en un même résultat. Les recherches de MM. Andral et Gavarret (1) font seules exception. Car il est quelques travaux récents sur les cendres du sang, dont nous ne pourrons tirer parti, pour la même raison : telles sont les recherches de Gorup-Bezanez (2), etc.

Nous empruntons en conséquence les résultats suivants à MM. Andral et Gavarret, en faisant remarquer toutefois qu'ils embrassent non seulement les sels de cette tribu, mais encore les bases des sels de la deuxième classe, comme le pneumate de soude, etc.

Rhumatisme articulaire aigu.......	Sels du sang.	6,8 p. 100.
— — chronique...	—	6,3
Pneumonie....................	—	6,5
Bronchite capillaire aiguë.........	—	6,7
Bronchite chronique avec emphysème du poumon.................	—	6,7
Pleurésie.....................	—	7,4
Péritonite aiguë..................	—	7,5
Amygdalite....................	—	6,8
Erysipèle.....................	—	6,6
Tubercules pulmonaires..........	—	6,4

Toutes les maladies précédentes sont de celles dans lesquelles la fibrine augmente. Elle diminue ou reste la même dans les suivantes et les globules restent en quantité normale et augmentent.

Prodromes des fièvres continues....	Sels du sang.	6,7 p. 100.
Fièvres continues simples.........	—	7,5
Fièvres compliquées dans leur cours par une phlegmasie...........	—	6,5
Fièvre typhoïde................	—	6,8
Variole......................	—	7,0
Rougeole....................	—	6,7
Fièvre intermittente.............	—	6,6
Congestion cérébrale.............	—	7,0
Hémorrhagie cérébrale...........	—	6,4

(1) ANDRAL et GAVARRET, *Recherches sur les modifications de proportion de quelques principes du sang* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1840, t. LXXV, p. 225).

(2) GORUP-BEZANEZ, *Sur les méthodes d'analyse du sang* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1850, t. L, p. 346).

Maladies dans lesquelles les globules diminuent.

Chlorose commençante	6,3
— confirmée	7,2
— chez un homme	7,1

Albuminuriques saignés pour des phlegmasies et dont l'urine ne contient plus d'albumine ; celle du sang est diminuée:

1er cas.	7,6
2e cas.	7,6
3e cas. — 1re saignée	6,9
2e saignée	6,7
3e saignée	6,9

Nous donnons ici les tableaux suivants des sels des urines pathologiques, d'après M. Becquerel, en faisant observer que c'est surtout à l'urine qu'il faut appliquer les remarques des précédentes pages.

Urine fébrile proprement dite	4,849	pour 1000.
— avec cause de débilité	4,392	—
— dans lesquelles l'eau n'a pas varié	3,320	—
Urine anémique proprement dite	4,648	—
— concentré	7,900	—
Urine de diabétique (1)	8,545	—
Rein sain... (2)	1,40	pour 100.
Rein malade. (2)	1,05	—
Sérosité d'arachnoïdite chronique (Lassaigne)	0,45	—
— de la moelle épinière du même (Lassaigne)	0,70	—
— du cerveau d'un aliéné (Lassaigne)	0,76	—
— de la moelle épinière d'un aliéné (Lassaigne)	0,85	—
— du cerveau d'un hydrocéphale (Marcet)	0,80	—
— — (Barruel)	0,80	—
— — (Haidat)	1,70	—
— d'un spina-bifida (Marcet)	0,73	—
— — (Bostock)	9,91	—
— de l'ascite (Marcet)	0,84	—
— — (Brandis)	0,59	—
— — (Winkler)	0,58	—
— d'hydropisie de l'ovaire (Marcet)	0,42	—
— de l'hydrocèle de la tunique vaginale (Marcet)	1,01	—
— — — (Wagner)	1,08	—

(1) Lhéritier, *Traité de chimie pathologique*. Paris, 1842, in 8°, p. 528. Nous n'avons pas parlé de cet ouvrage dans notre historique général, parce que, n'étant qu'une compilation très incomplète d'analyses des solides et des liquides de l'économie, il n'y a rien absolument à en tirer.

(2) Lecanu, *Présence de l'urée dans les liquides des reins* (*Journ. de pharm.*, 1838, t. XXIV, p. 352).

Sérosité de l'hydrocèle syphilitique (Wagner)		0,57	—
— d'hydropéricardite (Berzelius)		0,75	—
— — (Marcet)		0,78	—
Liquide des hydatides (Collard de Martigny)		0,006	p. 100.
— (Gœbel)		0,012	
— (Marcet)		0,008	

Dans les évacuations alvines des cholériques, il y aurait, d'après Guterbock, de 0,809 à 1,992 pour 100 de sels, et de 0,077 à 0,024 pour 100 de matières organiques ; la moitié est formée de sel marin, pendant que les excréments n'en contiennent que 0,28 pour 100. Les autres sels sont le carbonate de soude, du phosphate de magnésie et du sulfate de chaux probablement, et pas de sels de potasse (1).

Mélanose du cheval (Lhéritier).	Sels et oxyde de fer.	9,00 pour 100.
Squirrhe du sein (Lhéritier).	—	13,70
— de l'utérus (Lhéritier).	—	10,75
— de la région dorsale (Lhéritier).	—	10,13
Concrétions pulmonaires (Sgarzi).	—	2,13 pour 3 grammes.

Du rôle dynamique des principes de la deuxième tribu.

790. — Outre ce que nous avons dit précédemment sur ce sujet (page 21), il faut noter ici plusieurs faits qui se rapportent spécialement aux principes de cette tribu.

Les espèces salines présentent des actes chimiques de combinaison directe aux substances organiques, espèces entièrement anatomiques ; n'ayant pas comme les autres principes un côté de leur histoire générale qui soit chimique. Ces actes ne peuvent être déduits d'autres connaissances sur les espèces qui se combinent ; ils doivent être étudiés en eux-mêmes, pour ce qu'ils sont, par des expériences directes. Nous avons déjà fait remarquer que les lois de ces combinaisons entre les principes salins et les espèces organiques ne sont pas encore établies avec le degré de précision qu'exige l'étude des phénomènes de nutrition.

Ce sont les principes de cette tribu qui, fixés aux substances organiques, forment, de la manière indiquée plus haut, la substance des tissus qui remplissent dans l'économie des actes essentiellement physiques, et y participent ainsi indirectement. Viennent-ils à manquer, ces tissus perdent leurs propriétés physiques de résistance et d'élasticité, les systèmes qu'ils forment perdent leurs usages généraux, ainsi qu'on peut se le figurer en se représentant le système osseux ayant perdu ses usages dans l'ostéomalacie.

(1) Guterbock, *Sur les liquides intestinaux des cholériques* (*Annalen der Physik under Chemie*, 1850, t. LXXIV, p. 323).

Dans les humeurs et les tissus doués de propriétés autres que les propriétés physiques précédentes, ils jouent un rôle qui est surtout relatif à la désassimilation, autant que servant de véhicules d'une part (sels alcalins), et se fixant d'autre part aux substances organiques, ainsi que nous venons de le dire (sels terreux); ils jouent un rôle dans les actes d'assimilation ou de combinaison, l'un des côtés du double acte nutritif; mais, de plus, tant comme véhicules qu'en raison de propriétés spéciales, ils jouent aussi un rôle dans les actes de désassimilation ou de combinaison, autre face du double acte vital de nutrition. En vertu de ces propriétés, ils facilitent la décomposition de certains principes, d'où formation d'autres espèces qui, généralement, sont rejetées, soit immédiatement, soit après s'être elles-mêmes dédoublées. Quelques uns cèdent même une partie de leur base à quelques uns des principes (acide des sels de la deuxième classe) dont ils facilitent la formation, et alors, dans cette décombinaison, ils passent de l'état de sels neutres à celui de sels acides (phosphates de soude et de chaux).

C'est l'étude du double rôle des principes de cette tribu qui a fait entreprendre par Liebig et ses élèves une série d'importants travaux sur les cendres du sang, des muscles, des aliments, etc., dont nous tirerons parti. Trop souvent l'analyse chimique, qui ne fait connaître que les bases et les acides de ces sels, et non les espèces de principes mêmes, mise à la place de l'analyse anatomique, ôte à ces travaux une partie de leur utilité, bien qu'ils aient été exécutés dans une direction tout organique, tracée avec une netteté qui touche au génie, et bien différente de celle qui a conduit aux hypothèses chimiques dont nous avons souvent parlé. Il est à regretter, nous le repétons, qu'avec cette direction nouvelle et tout anatomo-physiologique, ce soient les moyens chimiques, et non l'analyse anatomique, qui aient continué à être mis en usage, et que ce soient surtout les mots *acide sulfurique*, *alcalis*, *chaux*, *magnésie*, etc., qui soient employés là où l'on devrait dire phosphates et sulfates alcalins ou terreux, etc.; car les uns et les autres ne jouent pas le même rôle.

791. — Ainsi l'étude des principes immédiats, d'une part, l'observation des actes de nutrition, d'autre part, montrent que les espèces de cette tribu manifestent deux sortes d'actes chimiques directs, concourent de deux façons à l'acte total de nutrition; c'est-à-dire qu'ils prennent part aux deux sortes d'actes moléculaires qui le caractérisent, savoir : aux actes d'assimilation et à ceux de désassimilation.

Ils prennent part aux premiers par leur union aux substances organiques, et là ils manifestent les actes spéciaux dont les lois ne sont pas nettement établies, dont nous venons de parler. Cette union assimilatrice des principes salins, surtout terreux, aux substances organiques, pour former la substance organisée, est un fait constant. Il n'y a pas de partie de corps où l'on voie les principes minéraux être assimilés sans

être accompagnés par une substance organique, pas plus qu'on ne voit celles-ci se fixer seules.

Les principes dont nous parlons prennent part aux actes désassimilateurs, soit en se dissolvant, en cessant d'être unis aux substances organiques, soit en se décomposant eux-mêmes par abandon d'une partie de leur base aux acides d'origine organique (urique ; hippurique, etc.), au fur et à mesure de la formation de ceux-ci. Nous avons dit déjà, § 216, tome Ier, page 231, que des acides, même faibles, pouvaient, hors de l'économie, enlever à des sels à acide puissant un peu de leur base.

Dans tous ces actes il y a certainement production d'une certaine quantité de chaleur qui concourt pour sa part au résultat général de maintien de la température du corps à 32 degrés ; car on sait qu'avec l'exagération des mouvements, que toute les fois, en un mot, qu'il se fait une espèce de dépense de forces musculaires, il n'y a pas seulement augmentation de la quantité d'acide carbonique expulsé, mais encore de sels terreux et alcalins de l'urine ; en un mot, toutes les fois que sont mises en jeu les propriétés normales de tissus, la nutrition en est influencée, les actes d'assimilation et de désassimilation éprouvent aussi un surcroît d'activité ; tous les principes sont rejetés en plus grande proportion, aussi bien ceux de cette tribu que l'acide carbonique, que l'urée, les urates, etc. Et bientôt après se fait sentir le besoin de réparer ces pertes par l'introduction d'aliments, aussi bien que pendant la mise en jeu de cette activité se fait sentir le besoin de l'introduction répétée d'oxygène. Il y a, en un mot, à tenir compte dans la production de chaleur non seulement de la consommation d'oxygène et production d'acide carbonique, mais encore de l'entrée, de la formation et de la sortie de tous les autres principes aussi bien des sels de cette tribu dont le mouvement augmente ou diminue en même temps que le mouvement des autres principes, que de l'acide carbonique, l'urée, etc.

792. — Nous verrons plus tard que les principes de cette tribu sont une condition de formation de ceux de la deuxième classe, non seulement en cédant aux acides une portion de leur base au fur et à mesure de leur formation, comme nous venons de le dire, mais encore par suite de ce fait, que beaucoup d'espèces étant isolées manquent de la propriété de se combiner à l'oxygène, l'enlèvent, se combinent à lui en présence des sels alcalins (et surtout des alcalins). Ils l'enlèvent même alors aux oxydes métalliques à la température ordinaire. Les faits de ce genre étudiés pour la première fois chimiquement par M. Chevreul (1) sur les principes d'origine végétale ont reçu depuis une certaine extension, et Liebig en a développé les applications à la physiologie (2). Poursuivis avec soin par des expé-

(1) Chevreul, *Considérat. génér. sur l'analyse organique*. Paris, 1824, in-8°, p. 72-73.

(2) Liebig, *loc. cit.*, 1852, p. 172-173.

riences directes, ils pourraient nous rendre compte d'un plus grand nombre d'actes ayant lieu dans l'organisme.

793. — Il faut étudier à quoi sert chaque groupe de principes non seulement par rapport à l'individu même qui les renferme, dont il fait partie; mais encore il faut savoir à quoi il sert par rapport aux autres êtres vivants. En un mot, il faut de chaque classe de principes connaître sa nature alimentaire. Ceux de la première et de la troisième seuls sont alimentaires, peuvent être assimilés; les uns et les autres sont indispensables : les uns, en général, comme partie accessoire de la substance organisée, comme véhicules, etc ; les autres, essentiellement pour faire partie principale de la majeure partie des tissus, mais toujours avec le concours des précédents. Quant à ceux de la deuxième classe, qui se trouvent intermédiaires aux deux extrêmes, la plupart ne peuvent servir, étant déjà des corps désassimilés, comme l'urée, l'acide urique, la créatine, etc., les résines, le sucre, etc., pour les végétaux. Ceux qui de cette classe sont tirés des végétaux et introduits dans le corps animal, n'y jouent qu'un rôle accessoire, ils finissent bientôt par passer à l'état de carbonates et puis d'acide carbonique, condition d'échange entre les gaz intérieur et extérieur pour introduire de l'oxygène qui sert à d'autres actes moléculaires de nutrition; d'autres sont rejetés par les urines sans altération ou après catalyse isomérique ; mais plusieurs pourtant le sont après avoir joué un rôle médicamenteux ou toxique, comme la quinine, etc.

Les faits énoncés dans les paragraphes précédents une fois établis, c'est sans étonnement que nous devons reconnaître la nécessité de la présence des principes de cette tribu pour que les substances organiques soient assimilées. Il n'est pas une partie de la substance organisée dans laquelle il n'y ait une proportion plus ou moins grande de ces principes comme partie constituante; leur présence est indispensable pour la désassimilation de ces substances, laquelle a lieu par changement d'état spécifique de celles-ci, par leur dédoublement en espèces cristallisables. Dédoublement qui a pour condition dans plusieurs cas la présence de ces principes; or, une fois ces faits établis expérimentalement, comme ils le sont depuis longtemps, ils font reconnaître simplement comme une des conditions d'existence de l'organisme la présence de ces principes dans les aliments. Il n'est donc pas extraordinaire ni contradictoire de voir le caséum, la substance des muscles, l'albumine, les substances azotées des végétaux, l'amidon, le sucre, la graisse ingérés seuls ou mélangés, être entièrement impropres à la nutrition, si l'on n'y ajoute des sels d'origine minérale. Il leur manque, en effet, les corps qui leur servent de véhicule, et ceux qui se combinent à eux pour se fixer à la substance organisée déjà existante : ce qui caractérise l'*assimilation;* ceux qui enfin sont une condition de leur passage d'un état spécifique à un autre, soit par acte moléculaire isomérique, soit par dédoublement, soit par catalyse combinante, en fixant de

l'oxygène, de l'eau, etc. En un mot, une fois connue la présence de ces principes partout dans l'économie et leur mode d'union moléculaire, il n'est pas plus extraordinaire de voir les substances azotées et les principes graisseux, amylacés et sucrés, ne pouvoir servir seuls à la nutrition, que de voir les sels être inutiles, si le concours des précédents leur manque.

Ce qui est vrai pour les animaux l'est aussi pour les végétaux, auxquels la distribution des principes immédiats en trois classes s'applique également (ce qui, soit dit en passant, est une preuve de plus à l'appui de son exactitude sous tous les rapports). Aussi ne faut-il pas être étonné non plus de voir les plantes dont se nourrissent les animaux, contenir ces sels dans des proportions qui sont à quelques centièmes près les mêmes que celles du sang des herbivores. Les cendres du sang des granivores ont la même composition que les cendres des graines qu'ils mangent. Les parties incombustibles du sang de l'homme et des animaux qui ont une nourriture mixte sont également contenues dans les cendres du pain, de la viande et des légumes. Le sang des carnivores contient les cendres de la chair qu'ils mangent (Liebig, p. 154).

Les recherches de Liebig et de ses élèves ont montré que parmi les sels de cette tribu il en est qui peuvent se remplacer sans aucun préjudice pour les actes qui se passent dans le sang, et par suite pour ceux accomplis par chaque partie du corps. Ce sont les phosphates et carbonates alcalins (de soude). On s'explique ainsi pourquoi chez l'homme le régime végétal, qui introduit surtout des carbonates, remplaçant le régime animal, qui porte surtout des phosphates, n'altère pas sensiblement les actes normaux de l'économie, bien que ces alternatives de régime aient pour effet de changer la composition du sang quant aux principes salins (Liebig).

Connaissant la composition des cendres des aliments, il est aisé de déterminer la nature des parties incombustibles que renferme le sang, puisque celles-ci sont les mêmes que dans les aliments et qu'ils en dérivent directement. Lorsque les aliments consistent en pain et en viande dont les cendres ne contiennent que des phosphates sans carbonates, le sang ne renferme aussi que des phosphastes. Lorsqu'à ces aliments on ajoute des pommes de terre ou des légumes verts, le sang se charge d'une certaine quantité de carbonates. Enfin, si l'on remplace entièrement le pain ou la viande par des fruits, des racines ou des légumes verts, le sang humain acquiert les caractères et la composition du sang de bœuf ou de mouton [Liebig, Verdeil (1)].

Ainsi que nous l'avons dit souvent, on trouve (chez l'individu qui n'augmente plus de poids) dans les principes rejetés par les poumons

(1) VERDEIL, *Recherches sur la composition du sang des divers animaux* (*Annal. der Chemie und Pharm.*, 1848, t. LXIX, 97).

et les reins, et aussi dans les résidus intestinaux, en poids d'acide carbonique et autres principes, soit azotés, soit graisseux, l'équivalent de ce qui a été introduit par les aliments. De même aussi on retrouve dans les urines et les matières fécales l'équivalent, en sels de cette tribu, de ce qui a été ingéré par les aliments. Pour les principes autres que ceux-ci, les espèces qui sortent ne sont pas les mêmes que celles qui entrent; ici au contraire, en vertu de leur nature élémentaire plus stable, les espèces introduites ne font que passer sans changer d'état spécifique, sauf pour les principes qui, de l'état de sel neutre, passent à l'état de sel acide (phosphates des urines, bicarbonates). Ce fait est une conséquence naturelle de leur constitution chimique, qui est telle que, pour être changée, elle exige que le corps soit placé dans d'autres conditions que celles qui se rencontrent dans la substance organisée.

Il est évident, en effet, dit Liebig, que dans l'état de santé le poids de l'animal ne variant pas, les sels alcalins et terreux, l'oxyde de fer ingérés par les aliments, ne peuvent pas s'accumuler dans le corps, mais qu'ils sont évacués tous les jours en quantités égales à celles qui ont été introduites. Dans les circonstances normales les cendres de l'urine et des fèces sont en mêmes proportions que les substances minérales des aliments. Ce n'est qu'autant que le corps de l'animal augmente encore de poids qu'il est en voie d'accroissement, que l'économie retient certaines substances minérales des aliments. Si l'on connaît les principes minéraux qui sont contenus dans les aliments consommés par l'homme et les animaux à l'état de santé, on peut déduire des aliments quelle sera la réaction de l'urine et indiquer dans quelles proportions les principes minéraux seront contenus dans l'urine et les fèces. Lorsque ces aliments consistent en pain et en viande dont les cendres ne se composent que de phosphates, l'urine renferme des phosphates alcalins. Dans le cas où l'animal se nourrit de racines, de légumes, de fruits, dont les cendres ne renferment aucunes parties solubles, que des carbonates alcalins, l'urine renferme des carbonates alcalins (1).

Historique.

794. — Tandis que l'étude des autres classes de principes s'est développée peu à peu à la suite de travaux exécutés sur chaque principe isolément (à l'exception des recherches de M Chevreul), nous trouvons ici un certain nombre de recherches faites sur toute la seconde tribu ou au moins sur plusieurs de ses principes à la fois. Quelques unes de ces publications doivent être mentionnées ici seulement, parce qu'elles ont porté sur plusieurs principes considérés en masse et non sur chaque espèce en particulier. Ce fait, mentionné plus haut, que chaque principe est facteur de

(1) Liebig, *loc. cit.*, 1852.

quelque chose, a son rôle spécial qui, sauf l'exception présentée par le phosphate et le carbonate de soude, ne peut être joué par aucun autre principe, et entraîne la nécessité d'examiner chacun d'eux en particulier. Pourtant cela n'a pas été fait; par conséquent, nous analyserons ici les travaux qui doivent être mentionnés comme tout autre, mais qui n'ont qu'une utilité très éloignée, soit parce qu'ils embrassent plusieurs principes à la fois, dont cependant chacun a un rôle particulier, soit parce que c'est l'analyse chimique et non l'analyse anatomique de ces principes qui a été faite. C'est-à-dire qu'au lieu de doser l'espèce elle-même, on en a dosé les parties constituantes, comme l'acide d'une part, l'acali de l'autre, lesquels ne sont pour le corps que des principes médiats ou éloignés. Les procédés d'extraction peuvent seuls présenter un assez grand nombre d'opérations communes; ce qui souvent a fait croire que l'histoire anatomique entière de ces principes était la même pour tous ceux qui peuvent être extraits de la même manière, comme tous les sulfates, tous les chlorures, tous les phosphates. Mais il n'en est rien.

Bence Jones a observé que les phosphates terreux de l'urine sont plus abondants après le repas, que la nourriture soit de nature animale ou végétale. Cette quantité diminue avec la diète. Avec une nourriture composée seulement de pain, ce sont les phosphates alcalins qui augmentent; ce sont les phosphates terreux qui prédominent si la nourriture est animale (1). Les phosphates et les sulfates varient ainsi qu'il suit.

Avant le repas, on obtenait	11,85 de sulfate de baryte p. 1000 d'urine.	
Après le repas,	7,92 —	—
Avant le repas,	7,22 de phosphates	—
Après le repas,	7,96 —	—

Pour déterminer la quantité d'acide sulfurique, et par conséquent de sulfate, contenu dans l'urine saine, il ajoute du chlorure de barium en excès à un poids connu d'urine et fait bouillir la liqueur avec quelques gouttes d'acide nitrique; il lave ensuite le sulfate de baryte qui se précipite, et le pèse après calcination dans un creuset de platine. D'après une expérience qui dura cinq jours, il conclut que l'acide sulfurique se trouve à son maximum dans l'urine qui suit un repas; que l'urine sécrétée longtemps après en contient beaucoup moins. Afin de trouver la cause de ce phénomène, il examina de l'urine résultant d'une nourriture entièrement végétale, composée pendant trois jours consécutifs de pain avec un peu de riz, d'eau et de thé. Il fit en même temps une expérience avec une nourriture entièrement animale. De ses expériences, il conclut que les sulfates existent toujours à leur maximum dans l'urine, après les repas,

(1) Bence Jones, *Contributions of the chemistry of the urine* (*Philosophical transactions*, London, 1845; 1849, part. II, p. 235, et 1850, part. II, p. 669).

soit que la nourriture ingérée fût végétale, soit qu'elle fût animale. Enfin il démontra encore par l'expérience que l'exercice avait sur la sécrétion des sulfates moins d'influence que la nourriture, quoique augmentant sensiblement leur poids. Avec l'acide sulfurique, administré en dose de 15 à 20 gouttes, prenant en considération la quantité totale des sulfates contenus dans l'urine des vingt-quatre heures, comparée avec la quantité de sulfates de l'urine, lorsque l'acide sulfurique n'avait pas été ingéré, il reconnut que l'acide sulfurique dilué produit dans l'urine la sécrétion d'un excès notable de sulfates. Dans des expériences faites avec du soufre desséché en poudre, l'urine, dans ce cas, se trouva contenir encore un excès très positif de sulfates. Dans des expériences avec du sulfate de potasse (il n'y eut pas d'effet cathartique produit), on trouva, après cinq ou six heures, un excès de sulfates dans l'urine; cette influence continua à se manifester pendant sept à douze heures.

Dans la chorée et le *delirium tremens*, deux maladies caractérisées par de fortes contractions musculaires, on trouve dans l'urine un excès notable des sulfates et de l'urée; de même que cela arrive dans l'état de santé après un violent exercice. Les phosphates se trouvent diminués dans le *delirium tremens*, lorsque le malade n'a pas pu prendre de nourriture. L'augmentation de l'urée dans ces deux maladies dépend des métamorphoses qui se passent dans le système musculaire, et ne constitue point un état de maladie. Dans les cas d'inflammation du cerveau, ces phosphates et ces sulfates se trouvent toujours considérablement en excès dans l'urine.

Chez un enfant mâle choréique, âgé de 8 ans, il obtint les résultats suivants :

	Sulfate de baryte pour 1000 d'urine.	Phosphates.	Densité de l'urine.
6 janvier 1851 (chorée violente)..	11,25	3,29	1036,6
7 — —	10,66	2,52	1031,8
8 — —	11,15	2,54	1031,2
10 — (plus calme).......	7,39	3,50	1028,4
11 — —	3,92	1,57	1018,6
Chez une fille de 23 ans : chorée très violente..........................	19,88	6,51 (pour les six lignes)	1036,0
Chorée très violente..............	15,86		1033,8
—	13,80		1028,4
—	9,36		1026,8
Plus calme....................	6,08		1025,4
—	4,72		1016,4
Delirium tremens, 39 ans...........	20,77	2,14	1037,8
—	37,07	5,95	1041,2
Autre, homme de 26 ans............	13,10	9,83	1037,4
—	12,95	8,89	1054,6
Autre cas, homme de 34 ans.........	17,71	»	1027,5
—	12,48	»	1025,4

Encéphalite, 25 ans. 12e jour de maladie.	3,96	5,14	1018,7
13e jour de maladie..............	11,23	11,13	1027,3
14e —	2,91	6,06	1013,1
16e — Mort.........	7,34 7,69	10,75 11,04	1027,0
Autre cas, femme de 23 ans :			
15e jour de la maladie............	8,83	9,41	1030,0
16e —	10,69	8,45	1029,0
22e —	8,83	10,19	1029,8
26e —	9,46	9,01	1051,4
28e — Mort.			
Homme de 22 ans : 4e jour de maladie..........................	8,55	7,10	1027,8
6e jour de maladie...............	7,81	6,43	1026,1
8e —	11,63	9,30	1031,4
9e — Mort peu après...	10,13	7,99	1026,2

Tous ces exemples sont tirés d'un récent travail de Bence Jones (1).

Nous indiquerons ici en terminant ce qui se rapporte à ce point, que les expériences d'après lesquelles Marchand admet qu'il existe des carbonates alcalins dans le sang, répétées par Liebig, lui ont donné des résultats négatifs (2). Néanmoins les faits constatés par le premier de ces chimistes sont généralement confirmés par la recherche directe de ces carbonates.

Huenefeld dit n'avoir pas trouvé de phosphate dans l'urine d'un enfant de neuf mois qui tetait encore (3). Enderlin est arrivé aux mêmes résultats que Liebig, relativement aux faits qui montrent que les sels de soude et le chlorure de sodium dominent dans le sang, tandis que les sels de potasse et le chlorure de potassium dominent dans le liquide musculaire (4).

Nous avons extrait précédemment, des *Nouvelles lettres* de Liebig, ce qui se rapporte à ce sujet, nous n'y reviendrons pas. Nous voulons seulement rappeler que là se trouvent mentionnés les résultats des analyses de cendres du sang, de chair et d'urine de Stoetzel, de Strecker, de Weber, Keller, Breed, Porter, Fleitmann, Arzbaecher, Buchner, ainsi que les résultats obtenus par l'un de nous, M. Verdeil, sur la composition des cendres du sang d'animaux soumis à des régimes différents.

(1) Bence Jones, *On the variations of the sulphates and phosphates excreted in acute chorea, delirium tremens, and inflammation of the brain* (*Medico-chirurgical transactions*. London, 1851, vol. XXXIV).

(2) Marchand, *Des carbonates alcalins dans le sang.* — Liebig, sur le même sujet, dans Millon et Reiset, *Annuaire de chimie pour* 1846. Paris, 1847, p. 744.

(3) Huenefeld, *Journal für prakt. Chemie*, 1849, t. XVI, p. 306.

(4) Enderlin, *Sur la potasse du sang* (*Annalen der Chemie und Pharm.*, 1850, t. LXXV, p. 150).

CHAPITRE IX.

CHLORURE DE SODIUM.

Synonymie : *Sel commun, sel marin, sel de cuisine, muriate de soude, chlorhydrate de sodium ou de soude, soude muriatée, sel de gabelle, sel gemme.*

795. — Le sel marin se rencontre dans toutes les parties qui composent l'organisme ; dans toutes les humeurs, dans tous les tissus demi-solides, comme tous les solides. L'émail dentaire seul en a été jusqu'à présent trouvé dépourvu. L'urine des agonisants est presque entièrement dépourvue de sel marin.

796. — La masse de ce sel comparée à celle des autres principes n'a pas été déterminée.

On le trouve pendant toute la durée de l'existence, même dans l'ovule.

797. — De tous les principes immédiats d'origine inorganique, celui-ci est le plus abondant. Mais il est à remarquer que nos connaissances sur les principes immédiats, même les plus faciles à étudier, sont si peu avancées, que le chlorure de potassium et le chlorure de sodium ont toujours été dosés ensemble. Il en résulte que tous les chiffres que nous donnerons comprennent, à peu d'exceptions près, la quantité réunie de ces deux sels. Pourtant cette confusion n'est pas indifférente, lorsqu'on tient compte de ce fait, que le chlorure de sodium, qui est contenu en grande quantité dans le sang, existe en petite quantité dans les muscles ; ceux-ci, au contraire, contiennent proportionnellement beaucoup de chlorure de potassium, lequel est en petite quantité dans le sang.

Néanmoins, jusqu'à ce que des recherches convenables aient été faites sur ce sujet, il faut se contenter des matériaux que nous possédons, en les considérant seulement comme une approximation provisoire. D'après le fait cité plus haut, il ne faut pas croire, avec M. Barral (1), qu'on ne commet pas une erreur très sensible en admettant que les

(1) Barral, *loc. cit.*, 1850, p. 214.

tissus dont le chlorure de sodium n'a pas été dosé ont, sous ce rapport, la composition moyenne des autres tissus et humeurs. Ce n'est donc que faute de mieux, que nous lui empruntons les chiffres suivants.

Il y a, en moyenne, pour 100 parties du corps en poids :		Pour 100 parties du corps en poids, il y a : Sel marin.	Autres sels de soude.
Sang	22,7	0,1060	0,0360
Chair musculaire	39,7	0,0650	»
Os	6,4	0,0134	0,0866
Autres parties	31,2	0,0836	0,0556
	100,0	0,2680	0,1782

Tirant parti des tables de M. Quetelet sur le poids moyen du corps aux différents âges (1), M. Barral obtient, pour la quantité de chlorure de sodium.

	Poids.	Sel marin.	Autres sels de soude.
Chez l'homme :	kil.	gr.	
A 0 an	3,20	8,6	5,7
30 ans	68,90	184,7	122,8
Accroissement	65,60	176,1	117,1
Chez la femme :			
A 0 an	2,91	7,8	5,4
30 ans	58,45	156,6	104,2
Accroissement	55,54	148,6	98,8
Ce qui donne, pour chaque kil. qui s'ajoute, une addition de		2,7	1,7

798. — Les calculs faits par M. Barral, d'après les données qu'il a puisées dans les travaux des physiologistes et des agronomes, l'ont conduit aux résultats numériques suivants :

100 kilogrammes de cheval contiennent :

		Sel marin.	Autres sels de soude.
	kil.	gr.	gr.
Sang obtenu par hémorrhagie	7,0	0,0326	0,0123
Chair musculaire	57,4	0,0650	»
Os	12,5	0,0725	0,4740
Autres parties	23,1	0,0511	0,1461
	100,0	0,2212	0,6324

(1) QUETELET, *Annales d'hygiène publique*, 1833, t. X, p. 5 et suiv. — *Sur l'homme et le développement de ses facultés, ou Essai de physique sociale*. Paris, 1835, t. II, p. 42.

On a, par suite, chez un poulain du poids de..	kil. 51	113	322
Cheval adulte.........	487	1077	3081
Accroissement........	436	964	2756
Ce qui donne, pour chaque kilogr. qui s'ajoute, une augmentation de............	.....	2gr.,2	6gr.,3

Bœuf.

100 kilogrammes de bœuf contiennent :

		Sel marin.	Autres sels de soude.
	kil.	gr.	gr.
Sang hémorrhagique...	7,4	0,0340	0,0162
Chair musculaire......	62,5	0,0706	» »
Os.................	6,3	0,0303	0,1959
Autres parties........	23,8	0,0434	0,0602
	100,0	0,1783	0,2783
Chez un bœuf du poids de................	413	736	1149
Vache................	240	428	365
Veau................	48	86	134
Accroissement (bœuf)...	365	650	1015
Ce qui fait, pour chaque kilogr. qui s'ajoute, une augmentation de poids de...........	....	1gr.,8	1gr.,8

Porc.

100 kilogrammes de porc contiennent :

		Sel marin.	Autres sels de soude.
	kil.	gr.	gr.
Sang hémorrhagique...	3, 6	0,0154	0,0065
Chair musculaire......	40, 2	0,0400	» »
Os..................	6, 4	0,0042	0,0347
Autres parties........	49, 8	0,0591	0,0408
	100, 0	0,1187	0,0820
Goret nouveau-né de...	1,23	1,5	1,0
Porc engraissé........	125,00	148,3	102,5
Accroissement........	123,77	146,8	101,5
Ce qui fait, pour chaque kilogr. s'ajoutant, une augmentation de....	......	2,1	0,8

Mouton.

100 kilogrammes de mouton contiennent :

		Sel marin.	Autres sels de soude.
	kil.	gr.	gr.
Sang hémorrhagique...	4,6	0,0049	0,0093
Chair musculaire......	38,5	0,0440	» »
Os..................	11,7	0,0655	0,4262
Autres parties........	45,2	0,0942	0,3592
	100,0	0,2684	0,4355

Mouton de...........	28kil.	58gr.3	212gr.
Brebis...............	20	41, 6	158
Agneau..............	10	20, 8	79
Ce qui fait, pour chaque kilogr. s'ajoutant, une augmentation de....	......	2, 0	7,9

799. — Nous avons dit que le sel marin est en général le plus abondant des principes immédiats d'origine inorganique des humeurs. Dans le sang humain, par exemple, il est vis-à-vis des autres sels solubles dans la proportion de 3 : 1 ou de 2,4 : 1. Voici, au reste, un tableau qui représente la proportion en 100 parties du sel marin dans les divers tissus de l'homme et des animaux. Les nombres de la colonne *a* représentent la quantité de chlorure de sodium pour 100 parties de liquide ; *b* représente la quantité dans le résidu solide, et *c* la quantité dans les cendres du résidu.

	a.	*b.*	*c.*
Sang d'homme (Lehmann)...........	0,421 p. 100	1,931 p. 100	57,641 p. 100
Sang de cheval —	0,510	2,750	67,105
Chyle —	0,531	8,313	67,884
Lymphe (Nasse)....................	0,412	8,246	72,902
Sérum du sang (Nasse)...............	0,405	5,200	59,090
Sang de chat (Nasse)................	0,537	2,826	67,128
Chyle (Nasse)........................	0,710	7,529	62,286
Lait de femme (Lehmann)............	0,087	0,726	33,089
Salive d'homme (Lehmann)...........	0,153	12,988	62,195
Suc gastrique de chien (Lehmann).....	0,126	12,753	42,039
Bile d'homme (Lehmann).............	0,364	3,353	30,464
Urine d'homme (Lehmann)............	0,332	5,187	22,972
Mucus (Nasse)......................	0,583	13,100	70,000
Sérum du sang (Nasse)...............	0,460	4,919	58,974
Sérum du pus (Nasse)...............	1,260	11,454	72,330
Exsudation inflammatoire de la plèvre (Scherer)........................	0,750	10,416	73,529
Tissu cancéreux (V. Auvers).........	0,314	6,043	65,391

Humeur aqueuse (Berzelius).................................	1,15	p. 100
Humeur vitrée (Berzelius)...................................	1,42	—
Sueur humaine [Anselmino (1), Piutti (2)]......................	2	—

Valentin (3).........	Urine humaine (*maxima*)........	0,728	p. 100
	— (*minima*)........	0,240	—
	— (*media*).	0,461	—
	Urine humaine. Sel marin rendu en vingt-quatre heures (*maxima*)..	gr. 16,53	
	Urine humaine. Sel marin rendu en vingt-quatre heures (*minima*)..	1,78	
	Urine humaine. Sel marin rendu en vingt-quatre heures (*media*)....	5,84	

(1) Anselmino, *loc. cit.*, 1827.

(2) Piutti dans Simon, *Handbuch der Angewandten medicinischen Chemie*, in-8°, 1845, t. II, p. 332.

(3) Valentin, *Lerhbuch der physiol. des Menschen*, in-8°, 1845, t. I, p. 652,

Lecanu (1)	Urine d'enfant de huit ans. Sel marin rendu en vingt-quatre heures	1 à 3 gr.
	Urine de vieillard. Sel marin rendu en vingt-quatre heures	1,5 à 4 gr.
	Urine de femme. Sel marin rendu en vingt-quatre heures	2 à 5 gr.

	gr.
Urine de cheval (Boussingault) (2)	0,74 p. 1000.
Urine de porc —	1,28 —
Urine de mouton au régime du sel depuis quatre semaines (Barral) (3)	23,26 p. litre.
Urine de vache (Boussingault)	1,52 p. 1000.
Urine de chameau (Brande)	8,00 p. 95 gr.
Liquide des ventricules cérébraux	1,05 p. 100.
Matières fécales (4)	3,01 p. 1000.

Barral (5)	Matières fécales d'homme de vingt-neuf ans	0,747 p. 1000.
	Matières fécales d'homme de cinquante-neuf ans	0,723 —
	Matières fécales de femme de trente-deux ans	1,487 —
	Matières fécales d'enfant de six ans	0,469 —
	Excrétions buccales et nasales	6,508 —

Becquerel et Rodier (6)	Sang de pléthoriques (hommes)	3,7 p. 1000.
	— (femmes)	3,5 —
	— de phlegmasies (hommes)	3,1 —
	— — (femmes)	3,0 —
	— de fièvre typhoïde	2,9 —
	— de fièvre éphémère	2,7 —
	— de pleurésie	3,0 —
	— de pneumonie	2,8 —
	— de bronchite aiguë (hommes)	3,2 —
	— — (femmes)	3,3 —
	— de rhumatismes aigus	3,5 —
	— de chlorose	3,1 —
	— de tubercules pulmonaires (hommes)	3,3 —
	— de tubercules pulmonaires (femmes)	3,1 —
	— de syphilis constitutionnelle	3,4 —

(1) LECANU, *loc. cit.*, 1839.

(2) BOUSSINGAULT, *Rech. sur l'urine des herbivores* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XV, p. 110).

(3) BARRAL, *loc. cit.*, 1850, p. 148.

(4) BERZELIUS, *loc. cit.*, 1837, t. III, p. 638.

(5) BARRAL, *loc. cit.*, 1850, p. 152.

(6) BECQUEREL et RODIER, *loc. cit.*, 1844.

Nasse (1)	Sang d'homme	4,690	p. 100.
	— de chien	4,490	—
	— de chat	5,274	—
	— de cheval	4,659	—
	— de bœuf	4,321	—
	— de veau	4,864	—
	— de chèvre	5,186	—
	— de brebis	4,895	—
	— de lapin	4,072	—
	— de cochon	4,287	—
	— d'oie	4,246	—
	— de poule	5,392	—

			Chlorure de sodium.	
Bibra (2)	Muscles de bœuf	17,39 de cendres p. 1000.	1,130	p. 100.
	— de chat	12,62 —	0,023	—
	— de femme de 36 ans	12,26 —	1,650	—
Bibra (2)	Cœur de chat	10,32 —	8,135	—
	— de femme	8,30 —	0,443	—
	— d'homme	9,20 —	0,310	—
Cartilages. Pour 100 parties de cendres (3)			8,231	—
Os. Chlorure de sodium (4)			2,500	p. 1000.

De Bibra (5)	Tibia. Chlorure de sodium et soude	6,100	p. 1000.
	Fémur. Chlorure de sodium et soude	6,000	—
	Péroné. Chlorure de sodium et soude	6,000	—
	Humérus. Chlorure de sodium et soude	5,900	—
Valentin (6)	Masse calleuse d'une côte de cheval fraîche	0,892	p. 100.
	Sa cendre fait 52 p. 100 de la masse, et donne	1,700	—
	Métatarsien sain et frais d'un cheval	1,487	—
	Sa cendre fait 65,84 p. 100 de la masse, et donne	2,260	—
	Exostose du tarse du même cheval fraîche	1,529	—
	Sa cendre forme 57,07 de la masse, et donne	2,680	—

(1) NASSE dans WAGNER, *Handwœrterbuch der Physiologie*, art. *Blut*, erst. Band., 1842, gr. in-8°, p. 75.

(2) DE BIBRA, *Arch. für Physiol. Heilkund, von* GRIESINGER, ROSER *und* WUNDERLICH, 1846, p. 536-581.

(3) FROMMHERZ et GUGERT dans BERZELIUS, *loc. cit.*, 1837, p. 729.

(4) MARCHAND, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*. Berlin, 1842, in-8°.

(5) DE BIBRA, *Chem. Untersuch ueber die Knochen*, 1844, in-8°.

(6) VALENTIN, *Knochenkrankeiten* in *Repertorium für Anal. und Physiol.*, 3r B 1838, in-8°, p. 294, 300, 307.

Valentin	Substance compacte fraîche du tibia d'un homme de trente-huit ans.	0,911	p. 100
	Cendre du même	1,470	—
	Substance spongieuse du même os frais, même sujet	0,140	—
	Cendre du même	0,750	—
	Condyle externe gauche du fémur frais d'une fille de dix-huit ans.	0,647	—
	Cendre du même	1,440	—
	Condyle externe du fémur droit carié, frais, de la même	0,424	—
	Cendre du même	0,930	—
	Tête du tibia gauche cariée, fraîche, de la même	1,620	—
	Cendre de la même	2,980	—
	Croûte déposée autour d'un tibia carié frais	5,556	—
	Cendre de la même	13,700	—
	Carie de la colonne vertébrale d'un jeune homme de vingt ans	3,157	—
	Cendre de la même	6,190	—

800. — Ainsi, on voit que la proportion de chlorure de sodium dans le sang ne varie pas beaucoup suivant les espèces animales. Ainsi, l'un de nous (1) a fait l'analyse comparée des substances incombustibles du sang d'homme, de bœuf, de mouton, de veau, de porc et de chien; le chien ayant été nourri uniquement avec de la viande peut être considéré comme un carnivore. Le sang d'homme est, d'après ces analyses, celui qui contient le plus de sel marin; vient ensuite celui de bœuf, celui de veau, de mouton, de porc, et enfin, du chien nourri avec de la viande.

Le tissu musculaire contient très peu de chlorure de sodium. Le cœur du bœuf, d'après Braconnot, n'en contiendrait même pas du tout.

801. — Nous avons réuni dans le même tableau tout ce qu'on sait de plus positif concernant le sel marin, tant à l'état normal qu'à l'état morbide. On peut reconnaître que le sel marin n'a été dosé que pour un petit nombre des tissus et où il existe. Cependant la généralité de sa distribution devra le rendre plus important à étudier que les autres principes d'origine inorganique. C'est surtout à son égard qu'il faudra cesser ce genre d'analyse, placé si haut dans l'esprit des chimistes,

(1) Verdeil, *Ann. der Chemie und Pharmacie*, 1848, Bd. LXIX, p. 5, 9.

l'analyse médiate ou élémentaire ; elle ne conduit à aucune application ni physiologique, ni pathologique. Aussi n'avons-nous tenu aucun compte des analyses de divers liquides et solides, dans lesquelles c'est le chlore en masse, le sodium, le potassium et autres éléments chimiques qui sont dosés absolument comme s'il s'agissait de l'analyse d'un principe cristallisé pris isolément.

802. — L'état sous lequel le chlorure de sodium existe dans l'économie est des plus simples. Si l'on excepte les os, les dents et les cartilages, il est partout à l'état liquide.

803. — Dans les humeurs, le sel marin est tenu en dissolution par l'eau; dissolution qui ne présente rien de spécial, en même temps que l'on y trouve aussi d'autres sels et des principes cristallisables. La présence du sel marin, dans l'eau des humeurs, joue un grand rôle par rapport à l'état liquide des substances organiques qu'elles contiennent ; il est très probable, réciproquement, qu'en arrivant à un certain degré de saturation, ces substances influeraient aussi sur la quantité de sel que l'eau peut dissoudre quand elle est pure.

Dans les tissus demi-solides, le sel marin est pourtant à l'état liquide. Il est dissous dans l'eau avec quelques autres sels et divers principes cristallisables d'origine organique. On doit dire qu'il est dissous dans l'eau, parce qu'il existe surtout, sinon exclusivement, dans ce qu'on appelle le suc nourricier, c'est-à-dire le liquide qui fait partie de chaque fibre ou cellule, et qu'on en peut exprimer par écrasement et destruction mécanique de ces éléments. C'est ce liquide complexe qui, à son tour, est uni à la partie solide de chaque élément.

Jamais on ne trouve le chlorure de sodium isolément à l'état solide, cristallisé ou non, dans l'organisme.

804. — Comme la plupart des principes d'origine minérale, ce sel conserve dans l'organisme les réactions qui lui sont propres en quelque lieu qu'il soit placé. Aussi partout sa présence est décelée par le nitrate d'argent, et le précipité blanc de chlorure de ce métal indique la double décomposition qui a lieu comme au dehors de l'organisme. Ce fait

est commun à plus d'un principe immédiat, et nous aurons, à diverses reprises, occasion d'en tirer parti pour quelques uns d'entre eux ; à chaque instant il faut, dans la pratique, tenir compte de nombre de faits analogues, soit pour l'application des caustiques, soit pour l'administration d'un médicament. Il est donc important d'étudier, pour chaque substance isolément, les cas de ce genre. Si la même chose ne se passe pas d'une manière aussi nette pour les autres principes, cela tient à la complexité de leur composition et aux conditions plus compliquées dans lesquelles ils se trouvent. Cela tient aussi à l'absence de réactifs susceptibles de déceler aussi facilement leur présence.

805. — Le sel marin conserve dans l'économie les caractères de saveur qu'il possède hors du corps ; mais seulement ils sont plus ou moins masqués par la saveur d'autres principes. C'est cependant celui de tous les principes immédiats pour lequel ces caractères organoleptiques sont le mieux conservés dans l'organisme, avec le caractère qu'ils ont au dehors. C'est ainsi que la saveur salée du sang, ou au moins de son sérum, est encore assez manifeste pour qu'elle puisse servir à caractériser ce liquide et faire reconnaître le principe auquel elle est due. Mais dans la plupart des autres liquides, on ne trouve plus la saveur de ce sel, ni même de quelque autre principe que ce soit. C'est une saveur qui leur est propre qu'ils acquièrent, c'est la saveur propre à la substance organisée de chaque espèce de liquides et de solides que l'on rencontre; et les caractères organoleptiques des principes immédiats qui constituent leur substance ne peuvent plus être appréciés, ils ont disparu, et ce sont de nouveaux caractères de cet ordre qui apparaissent.

806. — Le sel marin a pour unique caractère d'ordre organique de concourir à constituer la substance organisée. Ce caractère repose plus sur la propriété qu'il a de se dissoudre dans l'eau que sur toute autre; car il ne s'unit pas aux substances organiques comme les sels terreux, et il peut facilement en être séparé par lixiviation. Il prend part à la

constitution des solides et des liquides, mais dans des limites très variables, selon les formes ou espèces de substance organisée, comme on peut le voir d'après les tableaux précédents.

C'est ainsi qu'on en trouve trois à quatre fois autant dans le sang que dans les muscles. Il y en a moins dans le sang que dans l'urine, et tandis que la quantité contenue dans le sang ne varie pas avec la nature des aliments, la proportion de chlorure de sodium de l'urine correspond à celle des aliments.

Il est probable que ce peu d'uniformité dans sa distribution tient à quelque influence sur sa transmission au travers des membranes, etc., de la part de certaines espèces de substances organiques, comme la musculine dans les muscles; influence qui n'est plus la même pour d'autres sels, puisqu'il y a au contraire beaucoup de chlorure de potassium dans ce tissu.

Sa présence dans le sang et les autres parties du corps est une des conditions de dissolution de l'albumine et peut-être des principes gras; mais elle est surtout, ainsi que nous le verrons en étudiant les actes auxquels il prend part dans l'économie, une condition des phénomènes physiques d'endosmose et d'exosmose de l'eau plus ou moins chargée de substances dissoutes qui de l'intestin passe dans le sang.

Non seulement le sel marin est une condition d'accomplissement d'actes physiques d'endosmose et d'exosmose, auxquels il prend part et dont nous parlerons bientôt; mais encore par le seul fait de sa présence comme partie constituante de la substance organisée, il est la condition d'accomplissement d'actes d'assimilation et de désassimilation, c'est-à-dire de combinaison et de décombinaison, auxquels il ne prend activement aucune part. C'est là un de ses caractères d'ordre organique dont nous devons traiter ici. C'est sous ce point de vue que le sel marin a été le plus étudié; et pourtant il est facile de voir que dès qu'on veut arriver à des faits démonstratifs sinon précis, au moins un peu certains, on ne trouve que beaucoup de vague: cela tient à ce qu'on a pris pour toute la question une partie seulement du sujet. Nous

ne nous arrêterons pas à discuter le nombre considérable d'hypothèses plus ou moins superficielles émises à ce sujet, telles que, par exemple, celles qui consistent à dire que c'est un excitateur des vaisseaux absorbants de l'intestin sur des agents qui poussent à la création des globules, etc... (1).

Nous adopterons immédiatement ce qui suit : le sel marin est l'intermédiaire de certains actes généraux, et il ne participe pas par ses éléments à la formation des organes (Liebig).

« C'est ici le moment, dit Liebig, d'aborder une question que les agronomes ont essayé de résoudre à leur manière : je veux parler de l'influence du sel dans l'alimentation des bestiaux. Les résultats des précieuses expériences de M. Boussingault me paraissent, sous ce rapport, fort claires et fort concluantes. L'addition du sel au fourrage n'eut pas d'effet sur la production de la chair ou du lait ; mais, selon M. Boussingault, elle parut exercer une action favorable sur l'aspect et sur la qualité des animaux. Après les premiers quinze jours, les 2 lots (chacun de 3 taureaux) ne présentaient pas encore de différence bien marquée dans leur aspect, mais dans le courant du mois suivant cette différence commença à devenir manifeste, même pour un œil peu exercé. Chez les animaux des 2 lots, le maniement indiquait une peau fine et moelleuse, mais le poil des taureaux qui avaient reçu du sel était luisant et lisse, tandis que le poil des autres était terne et rebroussé. A mesure que l'expérience se prolongeait, ces caractères devenaient plus tranchés : ainsi les taureaux du 2e lot, après avoir été privés de sel pendant une année, avaient un poil ébouriffé, laissant apercevoir çà et là des places où la peau se trouvait entièrement mise à nu ; ceux du 1er lot conservaient au contraire l'aspect des animaux de l'étable ; leur vivacité et les fréquents indices du besoin de saillir contrastaient avec l'allure lente et la froideur de tempérament qu'on remarquait chez le 2e lot. Ces expériences sont fort instructives. Chez les taureaux qui n'avaient reçu que le sel contenu

(1) Plouvier, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXIII, p. 368.

naturellement dans le fourrage, cette quantité était insuffisante pour les fonctions de sécrétions; il manquait ainsi l'agent de transport pour certaines substances qui, en dehors du corps, inspirent de la répugnance, et dont le sang, la chair et toutes les humeurs étaient remplis, car le dehors de la peau reflète l'état intérieur du corps. Les autres taureaux avaient reçu, par addition du sel au fourrage, le moyen indispensable, dans les circonstances où ils se trouvaient, de résister aux perturbations causées dans l'économie par des influences extérieures. Le corps des premiers taureaux, sous le rapport de la facilité avec laquelle il pouvait contracter une maladie, peut se comparer à un foyer rempli de matériaux très combustibles et auquel il ne manque qu'une étincelle pour prendre feu et se consumer. L'effet du sel ne consiste pas à produire de la chair, mais à neutraliser les conditions défavorables à cette production, qui résultent nécessairement de l'état contre nature où se trouve l'animal mis à l'engrais. On ne saurait donc assez priser l'utilité du sel dans ces circonstances. Certains agronomes interprètent tout autrement les expériences précédentes. Comme l'emploi du sel ne leur procure pas un bénéfice direct, une augmentation de chair en compensation de la dépense du sel, ils en concluent que le sel est entièrement inutile, et ils vont même jusqu'à invoquer ces expériences contre l'abolition de l'impôt du sel, contre l'abolition de l'impôt le plus odieux, du plus insensé de tous les impôts. L'instinct du mouton et du bœuf témoigne de plus de sagesse qu'il ne s'en trouve souvent dans les conceptions de la créature, qui a la singulière prétention de résumer en elle la bonté et la sagesse (1). »

Nous avons vu quel rôle joue le sel comme condition d'existence des globules et de dissolution de l'albumine, fibrine et caséine. Aussitôt la suppression du sel des aliments, arrivent des phénomènes de chlorose même chez l'homme, de la langueur, faiblesse et pâleur, et, de plus, de l'œdème.

(1) Liebig, *Nouvelles lettres sur la chimie*, trad. fr., in-18. Paris, 1852, p. 185-187.

Ajouté en certaine proportion aux aliments, il excite l'appétit, et sans doute il détermine une *plus abondante sécrétion du suc gastrique, comme il le fait pour la salive*, puisqu'il facilite la digestion, c'est-à-dire la dissolution des aliments. Ce fait est rendu manifeste par cet autre, que la suppression de ce principe laisse de la pesanteur d'estomac, ce qui indique la lenteur du ramollissement des substances ingérées, et certainement son accomplissement imparfait. D'où, par conséquent, la pénétration dans l'appareil circulatoire d'une moins grande quantité des principes alibiles, des aliments qui sont alors entraînés avec les matières fécales. Par suite, les phénomènes d'assimilation doivent s'accomplir plus imparfaitement.

Ces faits doivent être plus manifestes encore chez les animaux herbivores. Ces êtres prennent des aliments qui, même à poids égal, contiennent beaucoup moins de sel marin que les viandes. Or, connaissant les propriétés dont jouit ce chlorure, par rapport à l'albumine, aux globules du sang, etc., il n'est, par conséquent, pas étonnant de les voir manifester une vive appétence pour le sel marin, en vertu de cette particularité de l'ensemble de notre organisation qui nous fait désirer tout ce qui, étant nécessaire à l'accomplissement des fonctions, nous le fait rechercher impérieusement jusqu'à ce qu'arrive la sensation de bien-être et de satisfaction, par plénitude sous ce rapport.

Il est un fait vulgaire, mais toujours superficiellement interprété, déjà signalé plus haut, qui retrouve ici sa place. Le sel, le vinaigre et une foule d'autres substances de haut goût, ont la propriété incontestable et reconnue de tous, et de plus par les expérimentateurs, de susciter une abondante sécrétion de salive et aussi de suc gastrique. De là une digestion plus rapide, plus parfaite, et, par suite, moins de temps consacré au repos qu'elle nécessite que chez les animaux, et, par suite, moins de temps enlevé au travail. Tout moyen qui relève le goût des aliments produit un effet semblable. De là cette appétence si naturelle et si motivée pour les substances de saveur

agréable, pour toutes celles *dont l'eau vient à la bouche;* de là aussi cette répugnance pour celles qui, par leur insipidité, ne déterminent aucune sécrétion salivaire et laissent la bouche sèche. De là aussi l'emploi de la cuisson pour relever le goût des aliments, dont ce fut là certainement le premier motif, bien plus peut-être que pour les ramollir, si ce n'est pour les végétaux. Si les carnivores préfèrent la chair musculaire à cause de sa tendreté, de sa facile dissolution, et parce que, par instinct, il sentent leur appétit plus vite satisfait par elle, comme par instinct ils éprouvent le besoin de manger des os, avec quelle avidité ne se jettent-ils pas sur le sang de leur victime. Or chacun sait que de toutes les parties du corps, c'est celle qui présente la saveur la plus marquée, bien plus que les muscles que nous cuisons pour les rendre savoureux. C'est aussi de toutes les parties du corps la plus salée, et c'est à cela qu'elle doit son goût plus prononcé; car, à part le foie, toutes les autres parties sont insipides ou à peu près. Chacun sait aussi que les aliments des herbivores sont pour la plupart au moins aussi insipides et dépourvus du goût excitant que nous cherchons à développer de mille manières dans les nôtres, par la cuisson et les condiments. De là moins d'excitation des sécrétions salivaires et gastriques. De là plus de difficulté pour digérer des aliments déjà beaucoup plus difficiles à dissoudre que ceux des carnivores, et qui, pour nous, exigent la cuisson ou tout au moins des quantités de sel et d'autres excitants. Rien par conséquent de plus naturel, c'est-à-dire de plus en rapport avec les phénomènes organiques, rien de moins contradictoire, et par suite de moins étonnant, que cette appétence des herbivores pour le sel marin, pour les murs salpêtrés, pour l'urine humaine et toutes les substances salines qui ont la propriété de déterminer une sécrétion abondante des glandes annexées à l'intestin. Si l'on joint à tout cela cette propriété du sel marin, de faciliter la dissolution des substances azotées même en dehors des vaisseaux, de dissoudre d'autres sels qui jouent un rôle avec lui dans l'organisme comme condition d'existence, il ne faudra pas s'étonner de

voir le sel marin améliorer la santé et la nutrition des herbivores. Il n'est pas étonnant, par conséquent, de voir quelques agronomes arriver à conclure de leurs expériences, que le sel marin, ajouté aux aliments, tend à faire acquérir aux herbivores un poids et un embonpoint déterminés plus vite que si on les privait de ce condiment. Ce résultat, quoique réel et s'obtenant seulement dans les limites de temps qu'on peut attendre des phénomènes de nutrition, n'est pas aussi marqué que quelques uns l'ont voulu dire (1). Il ne faut pas plus s'exagérer l'utilité de ce condiment qu'on ne le fait pour l'homme, et il n'y a pas à faire autre chose pour eux qu'on ne fait pour lui, mais il est indispensable de le faire.

Pour se rendre compte de tous ces phénomènes, il serait complétement inutile de faire intervenir des théories basées sur des réactions chimiques que l'expérience démontre ne pas avoir lieu. Non que les actions chimiques ne se passent pas dans l'économie comme au dehors, quand les conditions nécessaires pour qu'elles aient lieu se rencontrent; mais parce qu'en vertu de la présence d'un très grand nombre de substances de nature chimique très différentes et dont il faut tenir compte, le phénomène est autre que la théorie ne l'indique; il est plus compliqué et exige d'être étudié directement, en lui-même, en ce qu'il est.

807. — Pour n'avoir pas suffisamment tenu compte de ce fait, que les principes immédiats se divisent en trois groupes nettement distincts par l'ensemble de leurs caractères et par le rôle qu'ils remplissent dans l'organisme, beaucoup d'auteurs ont été conduits à attribuer à plusieurs d'entre eux une importance exagérée. Comme conséquence toute naturelle, il s'ensuit qu'ils en ont négligé plusieurs qui, pour être moins abondants, ont pourtant une importance tout aussi réelle. Les uns, avons-nous dit, sont en quelque sorte une condition d'existence des autres ; ce sont eux qui font que les autres conservent l'état de liquidité ou cet état spécial demi-solide

(1) Boussingault, *Ann. de phys. et chim.*, 1847, t. XIX, p. 117; t. XX, p. 11, et t. XXII, 1848, p. 116.

que nous leur voyons dans l'être organisé et que nous leur faisons perdre en les extrayant de l'économie; et nous leur faisons perdre cet état autant parce que nous les déplaçons des conditions chimiques dans lesquelles ils étaient, que parce que nous les plaçons dans d'autres conditions de température. Or, sans cet état de liquidité ou demi-solide, ces substances n'échangent pas leurs éléments ; elles ne vivent pas en un mot. Il en résulte que si les substances organiques sont la partie essentielle des éléments ; si ce sont en quelque sorte les vrais agents ou *acteurs* des phénomènes que nous observons dans chaque élément anatomique, fibres, tubes, cellules, etc., les principes cristallisables sont à leur tour, les uns des *conditions* de cette action, les autres les *produits* de l'échange de matériaux entre les *substances* ci-dessus. Ceux qui sont les conditions d'action des autres se trouvent chez les végétaux et les animaux, et ils tirent leur origine du règne minéral. Les autres ne se trouvent que chez les êtres où ils naissent : créatine, urée, acide urique, etc.; mais peut-être, et même très probablement, ils jouent un rôle analogue aux précédents. Tout en étant rejetés dès qu'ils deviennent un peu trop abondants, tout en devenant alors plus ou moins nuisibles, ils sont certainement nécessaires aussi au maintien de cet état des substances organiques qui permet l'action des éléments qu'elles forment. Mais ils le sont moins directement que les principes d'origine minérale. Il est, du reste, aussi impossible de concevoir ces derniers, sans les substances organiques, que celles-ci sans les autres. Ils sont conditions d'action, mais conditions indispensables absolument nécessaires à remplir. Par conséquent, il n'est pas étonnant de voir que les principes immédiats d'origine minérale, plus abondants, jouent un grand rôle dans les phénomènes physiologiques. Mais les étudier à l'exclusion des autres est aussi irrationnel, pour ne pas dire plus, que de ne pas les étudier du tout.

Il n'est pas étonnant de voir que le sel marin, le plus abondant de tous les principes immédiats d'origine minérale, joue un plus grand rôle dans l'économie que les autres principes

analogues. De là cette sorte d'engouement qui règne encore à son égard, qui fait qu'il a été plus étudié que les autres et que son histoire est un peu plus avancée que celle de beaucoup de principes. Mais de ce qu'on l'a étudié seul, de ce qu'on l'a étudié sans avoir une connaissance préalable suffisamment nette de tous les autres principes, il est résulté : 1° qu'on n'est pas arrivé aux résultats qu'on espérait obtenir de son emploi sans s'astreindre à d'autres conditions, qui, pour n'être que secondaires, n'en étaient pas moins indispensables; 2° qu'on n'est pas encore arrivé à tous les résultats qu'on doit attendre, non pas de l'emploi du sel, simplement donné en plus grande quantité qu'on ne le fait ordinairement, mais de l'emploi de tous ou de la plupart des principes immédiats inorganiques et tirés du règne végétal, administrés rationnellement, c'est-à-dire en quantités proportionnées et dans des conditions extérieures déterminées.

808. — Nous avons cru devoir indiquer précédemment, pour abréger, ce qui concerne les particularités que peuvent offrir les caractères du sel marin étudiés, quand il y a lieu, dans leurs variations suivant les espèces et les états morbides ; il ne nous reste donc plus ici qu'à parler de ses conditions d'entrée et de sortie.

Le chlorure de sodium, comme principe immédiat, ne se forme pas dans le corps des animaux; il provient du monde inorganique, où il existe en grande quantité, et entre dans l'organisme animal par les aliments que les animaux absorbent.

Chez l'embryon, le sel marin tire son origine de la mère, d'abord des liquides des trompes dont s'imbibe l'ovule en les traversant, puis de ceux de l'utérus, jusqu'à ce qu'enfin, par le placenta, il puise par endosmose dans le sang maternel.

M. Barral, qui a analysé les aliments introduits chaque jour, est arrivé aux résultats suivants, relativement à la quantité de sel marin que nous introduisons en moyenne, tant avec l'eau, les viandes et les aliments végétaux, que sous forme de condiments.

I.	Homme de 29 ans (hiver).	0,27	12,29
II.	— (été)...	0,27	5,06
III.	Enfant de 6 ans.........	0,25	2,88
IV.	Homme de 29 ans........	0,35	6,23
V.	Femme de 32 ans........	0,31	8,34

Il résulte des analyses de la ration alimentaire des principaux animaux domestiques, faites par Brunner et Valentin, Boussingault, etc., et réunies par M. Barral, qu'il entre chaque jour dans leur corps les quantités suivantes de sel marin :

Bœuf..............................	40 gram.
Cheval............................	24
Porc..............................	2,6
Mouton............................	2,1

On comprend, du reste, que ces calculs ne sont qu'approximatifs, surtout relativement aux animaux domestiques. Les quantités varient beaucoup chez l'homme suivant les habitudes, et chez les animaux suivant la nature de leurs aliments. Néanmoins, dans l'état actuel de nos connaissances, ils suffisent pour guider dans l'étude de la recherche des relations qui existent entre la quantité de sel qui entre et la quantité rejetée chaque jour. C'est, du reste, le seul principe, avec l'eau, sur lequel de pareils essais aient été faits.

809. — Chez l'embryon, au fur et à mesure de l'augmentation du poids du corps, le sel marin augmente et reste dans l'économie ; il est probable, par conséquent, qu'il y en a fort peu de rejeté au dehors pendant les premiers temps de la vie intra-utérine. Pendant la vie fœtale, il est probable qu'il y a échange entre le sel marin du jeune et celui de la mère, mais toujours au profit du premier. Il n'est pas douteux qu'en même temps une petite partie est rejetée dans l'amnios, dont le liquide provient des voies urinaires du fœtus, du moins lorsqu'il est arrivé à un certain degré de développement.

Chez l'adulte, le chlorure de sodium qui s'échappe chaque jour du corps est rejeté par les matières fécales, les urines, les excrétions buccales et nasales, et par la sueur. On n'a pas

encore pu déterminer d'une manière précise la quantité de sel qui s'échappe par cette dernière voie.

Le sel qui existe dans l'économie augmente au fur et à mesure des progrès de l'accroissement de tout le corps; mais il ne s'en fixe pas, comme on peut dire que se fixe le phosphate de chaux des os. Celui qui se trouve dans les tissus et les humeurs n'est que dissous avec l'eau et non combiné, fixé d'une manière invariable. Il est comme l'eau une condition d'existence, et comme elle il tend à s'échapper et s'échappe dès qu'il dépasse un certain degré de saturation, si l'on peut ainsi dire. Celui qui entre chasse une quantité de ce sel correspondante à la sienne; mais il ne se fixe pas, il est essentiellement mobile, et comme l'eau il est en voie d'échange continuel.

Il résulterait des recherches de M. Barral que chez l'homme, la femme et les enfants, il entre et sort les quantités suivantes de sel :

	Sel qui entre par les aliments.	Sel sorti par l'urine.	Sel sorti par les excréments.	Sel sorti par les mucus.	Total du sel sorti.	Non sorti.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
I.	12,91	8,22	0,10	0,08	8,40	4,51
II.	5,33	6,19	0,03	0,08	8,30	0,81
III.	3,13	3,21	0,03	»	3,24	0,11
IV.	6,58	5,55	0,43	»	5,68	0,90
V.	8,65	5,17	0,05	»	5,22	3,43

Si ce tableau est exact, il y aurait environ 1/5ᵉ du sel introduit par les aliments qui n'est pas rejeté par les diverses voies sur lesquelles on a pu directement expérimenter. Ce n'est pas seulement par la transpiration cutanée qu'il a pu s'échapper ainsi qu'en petite quantité avec les épithéliums et les poils. En effet, « dans le sang de l'homme et des granivores, le phosphate de potasse est toujours accompagné de sel marin; or ces deux sels ne sauraient coexister sans se décomposer naturellement en chlorure de potassium et en phosphate de soude. Lorsqu'on mélange une solution moyennement concentrée de phosphate de potasse avec une solution de sel marin, et qu'on abandonne au repos ce mélange, il

s'y dépose bientôt à froid de beaux cristaux de phosphate de soude (1) ».

Ainsi il est déjà important de savoir approximativement quel est le mouvement journalier du sel dans l'économie. Ces faits suffisent présentement pour nous rendre compte du rôle que joue ce sel dans l'économie, d'une manière aussi approchée que le permettent nos autres connaissances anatomiques. En un mot, si sous beaucoup de rapports il serait nécessaire de posséder des documents plus précis par rapport au sel marin, nous voyons qu'il faut en dire autant pour chaque principe, et il se peut qu'une fois obtenue, cette précision ne soit pas plus utile que les données approximatives précédentes.

810. — Comme on n'a jamais sur le même animal comparé la quantité de sel marin qui est introduite par les aliments à celle qui est rejetée par les diverses voies, et comme la quantité des substances tant introduites que rejetées par chaque animal varie considérablement, selon mille circonstances, on ne saurait rien déduire des faits isolés qu'on possède actuellement.

Brunner et Valentin ont pourtant obtenu sur un cheval les chiffres suivants :

Chlorure de sodium des urines.....	7,507	48,837
Excréments.......................	6,550	43,521
Transpiration et excrétions diverses.	1,150	7,642

quantité à peu près égale à la dose de sel ingérée chaque jour avec les aliments. M. Barral a vu que chez le mouton il y aurait chaque jour plus de sel rejeté que les aliments n'en contiennent, dans la proportion de 25,56 : 25,80 ; d'où il faudrait conclure qu'il s'en forme dans l'économie aux dépens d'autres chlorures. Les données à cet égard sont trop peu nombreuses pour en rien déduire.

Il est généralement admis aussi que le sel marin est la

(1) Liebig, *loc. cit.*, 1852, p. 182, et *Sur les principes des liquides de la chair musculaire* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1848, t. XXIII, p. 183).

source de la soude des sels à base de soude, qu'on trouve dans la bile, le sang, la salive, l'urine, etc.; il est par conséquent possible qu'on arrive un jour à reconnaître qu'il entre dans l'économie plus de sel marin qu'il n'y en a de rejeté.

Des actes que manifeste le sel marin dans l'économie.

811. — Le sel marin présente dans l'organisme des actes physiques d'endosmose et d'exosmose ; de plus, il agit chimiquement par union moléculaire, dans quelques uns des phénomènes de dissolution qui se passent dans l'économie, pour la fibrine, la caséine, etc. Nous avons déjà dit qu'il influe très probablement sur les phénomènes moléculaires de combinaison et de décombinaison continues qui caractérisent la vie. En un mot, il est probable que le sel marin, suivant qu'il est plus ou moins abondant, favorise l'assimilation ou la désassimilation des substances organiques ; mais nous avons vu qu'il ne prend aucune part active à ces actes, tandis qu'il n'en est pas de même pour quelques autres principes de cette tribu, le phosphate de chaux, par exemple, etc.

Le sel marin qui existe dans les humeurs influe sur leur transmissibilité au travers des membranes. On sait combien est facile la transsudation de l'eau pure au travers des membranes animales, les dissolutions salines, au contraire, les traversent bien moins rapidement. Ce n'est certainement pas seulement à la plus grande distension des vaisseaux qu'il faut attribuer l'œdème qui survient quand on injecte de l'eau dans les veines des chiens ou autres animaux, mais aussi à la densité du sang qui diminue. Il contient alors proportionnellement moins de sels, et comme le chlorure de sodium est le plus abondant de tous, c'est en faisant l'histoire de ce principe immédiat que nous devons parler de ce fait, quoique tous les autres principes salins jouent certainement un rôle dans le phénomène. On sait de plus, d'après les recherches de MM. Chevreul (1) et de Liebig (2), que les tissus desséchés absorbent beaucoup moins d'une solution de sel marin que d'eau distillée dans la proportion de 1/3 ou environ.

Outre ses propriétés chimiques, dit Liebig (3), le sel marin possède un caractère physique qui lui donne une importance toute particulière pour les fonctions vitales, les autres sels qui ont le même caractère ne faisant habituellement point partie des aliments de l'homme et des animaux. Ce

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1824.

(2) Liebig, *Rech. sur quelques unes des causes du mouvement des liquides dans l'organisme animal*, trad. par Schnepf. Paris, 1848, in-8°, p. 5 et suiv.

(3) Liebig, *loc. cit.*, 1822, p. 187-192.

caractère peut se mettre en évidence à l'aide d'un appareil endosmotique. Il montre que l'eau de puits passe vers l'eau salée, l'eau pauvre en sel passe vers l'eau riche en sel, comme si la pression extérieure la poussait à travers la membrane en sens contraire de la pesanteur. Une simple addition de sel à l'eau communique donc les propriétés d'une pompe au tube muni de sa membrane. Lorsqu'on ferme le tube avec une membrane très mince, et qu'après l'avoir rempli à moitié de sang de bœuf défibriné, on le dispose comme précédemment dans un verre contenant de l'eau chaude à 37 ou 38 degrés centigrades, on voit, au bout de quelques instants, le sang s'élever, comme l'eau salée, l'eau passant vers le sang. On peut s'assurer que ce sont les sels du sérum qui ont une large part dans cette absorption ; en introduisant dans le tube le liquide séparé par expression du sang coagulé à chaud et qui contient le sel marin et les autres sels du sang, les mêmes phénomènes se produisent alors. La faculté que possède la membrane de faire passer l'eau du côté où se trouve le sel dépend conséquemment du sel ; lorsque les liquides renferment des deux côtés la même quantité de sel, il ne s'effectue pas d'extravasation ; le liquide s'épanche toujours du côté où se trouve le sel, et d'autant plus rapidement, que la différence entre les proportions de sels des deux liquides est plus grande. Si l'on ajoute à la solution de sel marin un alcali libre, du carbonate ou du phosphate alcalin, sa faculté d'absorption en est considérablement augmentée ; si le liquide extérieur est légèrement acide et que l'eau salée contenue dans le tube est alcaline, la pénétration du liquide acide vers celui qui est alcalin a lieu plus vite. Ces expériences, continue Liebig, donnent une idée fort nette de l'absorption dans l'économie animale. L'organisme réunit, en effet, toutes les conditions pour que les vaisseaux produisent à l'aide du sang l'effet d'une pompe aspirante, sans pourtant qu'il y ait ni soupape, ni pression mécanique, ni canaux spéciaux pour l'écoulement des liquides. Lorsqu'on prend à jeun de dix en dix minutes un verre d'eau de puits ordinaire, où la proportion de sel est bien moindre que dans le sang, il s'évacue déjà après l'ingestion du deuxième verre évalué à 120 grammes, une certaine quantité d'une urine colorée, dont le volume est sensiblement le même que le volume du premier verre d'eau ingéré. Que l'on boive ainsi vingt verres, et l'on aura dix-neuf émissions d'urine, dont la dernière sera presque incolore et contiendra à peine un peu plus de sel que l'eau de puits. Si l'on fait la même expérience avec de l'eau de puits additionnée d'une quantité de sel marin à peu près égale à celle que renferme le sang (0,75 à 1 pour 100), il ne se présente pas d'évacuation extraordinaire, mais il n'est guère possible de prendre plus de trois verres d'une semblable eau sans éprouver un sentiment de plénitude, de pression et de pesanteur dans l'estomac, ce qui indique que l'eau, contenant une proportion de corps salins égale à celle du sang, exige bien plus de temps pour être absorbée par les vaisseaux sanguins. Enfin, si

l'on avale l'eau salée contenant un peu plus de sels que le sang, il s'effectue le contraire d'une absorption, c'est-à-dire une purgation. La faculté des vaisseaux sanguins d'absorber de l'eau varie donc suivant qu'elle est plus ou moins salée : si l'eau contient moins de sels que le sang, elle s'absorbe fort rapidement; si elle en renferme autant, il se fait un équilibre; si elle en contient plus, elle n'est point rejetée par les reins, comme l'eau peu salée, mais c'est alors le canal intestinal qui l'évacue.

Il faut, du reste, dans les actes endosmotiques, tenir compte de l'influence des tissus eux-mêmes. On sait, en effet, que les muscles contiennent peu de chlorure de sodium, tandis que le sang en contient beaucoup, et c'est l'inverse pour le chlorure de potassium. La solution saline qui imbibe les aliments, la substance organique qui en forme la plus grande masse, ne sont plus les mêmes que dans le sang, ce qui modifie ici les actes physiques élémentaires d'absorption, mais ne contredit en rien l'influence du sel marin sur la transmissibilité endosmotique de l'eau des humeurs.

812. — Quoique les chimistes et les physiologistes n'aient pas examiné avec tout l'intérêt qu'elles méritent les questions de la solubilité des substances dans les liquides chargés de sels, on possède néanmoins plusieurs faits qui font ressortir le rôle des principes salins comme dissolvant des substances organiques. En effet, l'albumine, par exemple, doit en partie sa solubilité dans les humeurs au sel marin, et celui-ci influe d'une manière notable sur le mode de coagulation de l'albumine. Le sel marin peut dissoudre la caséine pure. Lorsqu'on l'ajoute en excès à du sang, il ralentit considérablement la solidification de la fibrine (1).

Il faut remarquer encore que les substances albumineuses ne peuvent jamais être débarrassées complétement par le lavage du sel marin, qui est, pour ainsi dire, combiné à elles; il concourt avec l'albumine à prévenir la dissolution des globules sanguins. Ceux-ci se dissolvent dans une solution concentrée d'albumine pure dans l'eau pure; si, au contraire, l'eau renferme seulement 1 pour 100 de sel marin, les globules y séjournent sans s'altérer. D'autre part, dans une solution pure de sel marin ces globules s'altèrent, ils prennent une coloration violette et en même temps deviennent diffluents, ils traversent le papier à filtre. Si, au contraire à ce liquide on mêle une solution d'albumine, les globules conservent leur fermeté. Ainsi le phénomène est complexe, et il faut tenir compte de plus d'une circonstance et non d'une seule. Ce n'est pas seulement à propos du sel marin que nous aurons à reconnaître des cas analogues, dans lesquels on voit l'action simultanée et corrélative de deux ou plusieurs principes intervenir dans tout phénomène physiologique, sans que l'on soit en droit

(1) Frerichs dans *Handwœrterbuch der Physiologie*, von R. Wagner, art. *Verdaung*, 1845, t. II, p. 677.

de l'attribuer exclusivement à un seul, car tous jouent un rôle. C'est à l'ensemble, c'est au tout qu'ils forment, que doit être attribué le phénomène, et c'est tout au plus si quelquefois on est conduit à reconnaître la prédominance d'action de l'un d'entre eux. Malgré cela, néanmoins, il est indispensable de passer en revue l'action spéciale de chaque principe pris isolément, ne fût-ce que pour être conduit à reconnaître nettement le fait précédent et le rôle de chacun dans le phénomène total. Ainsi, après avoir vu les anciens physiologistes étudier les propriétés des humeurs considérées en masse, comme si elles étaient simples ou du moins étaient loin d'avoir la complication qu'elles ont réellement, on voit les chimistes prendre à partie successivement tel ou tel principe immédiat, et vouloir tout expliquer par leurs actions chimiques directes, en négligeant l'influence des autres principes avec lesquels ils sont mêlés. Nous ne parlons pas ici de cette aberration de quelques uns d'entre eux qui consiste à vouloir prendre non plus chaque principe immédiat à l'exclusion des autres ou à peu près, mais bien leurs éléments chimiques même. Ce qu'il faut faire maintenant, c'est de prendre une marche non pas intermédiaire entre les deux précédentes, mais bien différente, quoiqu'elle en dérive et doive être considérée comme ne pouvant être instituée tant que les autres n'avaient pas été essayés. Cette marche est celle que nous suivons, qui consiste à poursuivre chaque principe isolément partout où il se trouve dans l'économie et sous toutes les formes, à en étudier le rôle spécial, soit en le considérant absent de là où il est ordinairement, soit en le considérant en excès. Mais, fait capital, nous ne considérons ce travail que comme un préliminaire, mais un préliminaire nécessaire, c'est-à-dire à la fois inévitable et indispensable, pour arriver à connaître d'une manière complète et approfondie le rôle de chacune des parties du corps sans en négliger une seule, ni la moindre de leurs conditions d'action. Or, le nombre de recherches à faire pour remplir ce but est encore immense, car en accomplissant le travail que nécessite cette marche, on trouve que la plupart des faits à connaître sur chaque principe sont encore à trouver.

Procédés à suivre pour étudier le sel marin dans l'économie.

813. — Une fois qu'il fait partie du corps des animaux, qu'il est devenu un principe immédiat, le sel marin est difficile à extraire des dissolutions qu'il forme avec les substances organiques. Cependant c'est toujours par la cristallisation qu'on peut le retirer et le séparer des autres principes; l'opération est facilitée par la propriété que possède le sel marin de cristalliser dans un liquide très chaud, propriété que n'ont ni la créatine ni la plupart des principes avec lesquels le chlorure de sodium pourrait être

confondu. Le microscope est ici d'une grande utilité, car, au moyen de cet instrument, on reconnaît infailliblement le sel marin à sa forme cubique; il peut, du reste, affecter les plus variées. Nul principe immédiat ne présente, suivant les conditions de rapidité ou de lenteur de sa cristallisation, suivant la nature du liquide qui le renferme, un plus grand nombre de dispositions cristallines. Véritable protée, il viendrait à chaque instant jeter le doute dans l'esprit de l'observateur ou faire croire à quelque principe immédiat nouveau, si l'appareil polarisateur de M. Nachet, décrit par l'un de nous (1), ne venait instantanément faire disparaître ce qui appartient au sel marin, et lever ainsi toute espèce d'hésitation.

Nous avons vu précédemment que l'emploi du microscope devait désormais être considéré comme indispensable dans l'analyse anatomique des humeurs et dans l'étude des principes immédiats qui constituent les éléments anatomiques. Il nous fait distinguer les uns des autres, par leurs formes cristallines, des principes dont l'analyse chimique n'aurait pu nous dénoter l'existence à cause de leur trop petite quantité, que l'œil nu ne pourrait apercevoir, vu leur petit volume. Comme tout composé ayant une composition chimique différente d'un autre cristallise en général d'une manière différente, il en résulte, ainsi que nous l'avons vu, que, d'après la forme des cristaux, on peut conclure à la nature élémentaire de l'espèce. Les variations de configuration peuvent, avec un peu d'habitude, être ramenées assez exactement à la forme caractéristique, en sorte qu'on peut même juger provisoirement, par approximation, de la quantité proportionnelle du sel contenu dans un liquide, d'après la quantité relative de ses cristaux qu'on trouve dans un résidu d'évaporation suffisamment examiné. Mais dans le cas du sel marin, les modifications sont si nombreuses, et elles imitent les formes d'un si grand nombre de cristaux d'autres principes, que sans l'emploi du polarisateur on pourrait être trompé quelquefois.

Dans les cas ordinaires d'évaporation, par exemple lorsqu'il s'agit d'un extrait de sang repris par l'eau et évaporé, le sel marin cristallise généralement en cubes assez petits (pl. I, fig. 1, *g*, *g*, *g*). C'est la forme la plus abondante. Il s'y trouve également des prismes droits à base carrée, par allongement ou déformation du cube, tantôt très petits (*d*), tantôt assez gros (*a*, *a*, *c*, *d*). La forme figurée en *e* est très rare.

Ces cristaux pourraient être confondus avec des prismes de créatine; cependant lorsqu'on a examiné souvent ces substances comparativement, on remarque des différences. Elles portent principalement sur la transparence particulière, sans réfraction de la lumière des cristaux de sel marin, ce qui leur donne un aspect particulier, surtout à côté des cristaux régu-

(1) Ch. Robin, *Du microscope et des injections*, etc. Paris, 1849, in-8°, 1re part., p. 122-125.

liers de créatine, qui ont en général un reflet blanc, brillant, qui tient à ce qu'ils réfractent plus fortement la lumière, fait qui les rend moins transparents que le sel marin. Il résulte de ces caractères un cachet spécial pour chaque espèce de principe cristallisé, cachet qui ne peut pas être compris par la seule lecture de l'analyse de chacun des caractères pris séparément, parce qu'il résulte précisément de la réunion sur un seul corps de l'ensemble de ces particularités qui frappent toutes en même temps l'œil de l'anatomiste. Mais ils sont d'une grande utilité dans la pratique, une fois qu'on a vu assez d'espèces cristallines au microscope, pour prendre l'habitude de comparer de mémoire ces aspects, et d'en tenir compte. Car on comprend que, malgré l'impossibilité où se trouve le lecteur de saisir l'ensemble de ces caractères après en avoir lu les descriptions séparées, ils ne sont pas moins réels pour l'observateur qui les a sous les yeux à chaque instant. Enfin, dans tous les cas, toute espèce de doute sera levée en examinant ces cristaux à l'aide de l'appareil polarisateur, car ils disparaîtront aussitôt que le champ du microscope devient obscur ; ils s'éteignent tout à fait en même temps que lui ; tandis que les cristaux de créatine et autres, qui ne cristallisent pas dans les systèmes du premier type, restent éclairés, et souvent vivement colorés.

Le sel marin mélangé à d'autres principes étant soluble dans l'alcool, on trouve dans le résidu d'évaporation des extraits alcooliques de beaucoup d'analyses anatomiques, soit des solides, soit du sang, etc. Ces cristaux sont ordinairement sous forme d'octaèdres. Quelquefois ces octaèdres sont (pl. I, fig. 2, *d*) bien formés, c'est-à-dire que leurs arêtes sont nettes, limitent des angles dièdres bien aigus. Dans ce cas il ont habituellement la transparence des cubes et des prismes de chlorure de sodium que nous venons de décrire. Quelquefois, au contraire, ils ont pris une teinte jaunâtre particulière, semblable à celle des cristaux dont nous allons parler.

Le sel marin prend encore d'autres formes dans les extraits alcooliques et éthérés de divers solides ou liquides organiques. Elles dérivent toutes ou presque toutes de l'octaèdre régulier. Ce sont, soit des octaèdres dont les arêtes sont mousses, arrondies (pl. I, fig. 2, *c*, *c*; fig. 3, *e*, *e*), ou remplacées par une petite facette de décroissement, soit des octaèdres dont les angles sommets sont tronqués, ou bien dont tous les angles sont tronqués par les facettes des cubes (pl. I, fig. 2, *b*). Les arêtes sont souvent plus arrondies que ne le représentent nos planches. D'autres fois on trouve trois, quatre ou un plus grand nombre d'octaèdres groupés (fig. 2 et fig. 3, *b*, *b*, *b*, *b*) de diverses manières. Enfin, ce sont souvent des prismes terminés en pyramides par les facettes d'un hémi-octaèdre (fig. 3, *c*, *c*, *c*). Ils peuvent être isolés ou diversement groupés entre eux ou avec des octaèdres. Leur volume est très variable. Ces prismes ont souvent leurs faces cannelées, et quelquefois leurs arêtes sont recouvertes de pointes octaédriques, ou même d'autres très petits

prismes minces. Ces prismes cannelés (fig. 3, *d*, *d*, *d*, *d*, *d*) peuvent être assez longs et assez minces pour recevoir le nom d'*aiguilles*. En se groupant ensemble ou avec des octaèdres, ils forment des groupements en dendrites, ou arborescents, mais peu considérables. Habituellement ces cristaux ont pris une teinte jaune d'ambre plus ou moins prononcée, et réfractent assez fortement la lumière pour se rapprocher un peu par leur aspect de la coloration des corps gras. Mais l'appareil polarisateur montre qu'ils s'éteignent dans la lumière polarisée, tandis que les corps gras la colorent. Cet appareil est nécessaire pour les bien distinguer des autres espèces. La forme tétraédrique, ou en hémi-octaèdre régulier, n'est pas rare dans les cristaux de sel marin qui se sont formés en présence des matières albumineuses, ou dans les extraits alcooliques et éthérés du sang. Ces cristaux peuvent être tout à fait réguliers ou avoir leurs angles et leurs arêtes remplacés par des facettes de décroissement (pl. I, fig. 2, *e*). Ces cristaux, comme les autres, prennent généralement la teinte du liquide dans lequel ils se sont déposés.

Suivant qu'il s'agit d'un extrait de sang, d'urine, etc., de tel animal ou de tel autre, on voit prédominer telle ou telle forme dérivant de la forme type. Ainsi ces formes tétraédriques et leurs dérivations, qui sont communes dans le sang évaporé, surtout quand on ne l'a pas privé de ses principes azotés, ou dans son extrait alcoolique, ne se voient pas dans l'urine. Il est très important de tenir compte de la présence des substances organiques dans les liquides où s'opère la cristallisation. Elles influent beaucoup sur la lenteur ou la rapidité de la formation des cristaux, qu'elles semblent généralement favoriser, sur la prédominance de telle ou telle forme dérivée du type, et sur les changements qui surviennent dans la forme et le volume de cristaux déjà formés, quand on vient à les abandonner quelque temps à eux-mêmes.

Il faut savoir que tous les extraits dont nous venons de parler sont très déliquescents, en sorte qu'au bout de quelques heures d'exposition à l'air on ne peut plus y retrouver ces cristaux qui se sont dissous en totalité ou en partie. D'autres fois les cristaux cubiques ou octaédriques, etc., ont disparu en partie ou en totalité, et ont été remplacés par des amas dendritiques variés. Cela est commun à beaucoup des principes qui cristallisent en présence de plusieurs autres corps dans un extrait, surtout quand il s'y trouve encore des principes azotés non cristallisables.

Historique.

814. — Le sel marin a été reconnu dans les humeurs, surtout depuis très longtemps, mais sans qu'on ait songé à doser la quantité contenue dans chacune d'elles, faute de moyens suffisamment exacts pour l'apprécier. Pourtant, dès 1698, Vieussens essaya, par un grand nombre d'essais

naturellement plus ou moins défectueux, à donner les proportions des sels fixes et volatils qui se trouvent dans le sang (1). Déjà à cette époque la présence de ce sel dans les humeurs était connue, et c'est à lui qu'on attribuait ce que l'on appelait l'acide du sang, que Vieussens croit être un principe propre. Après Vieussens, la plupart des chimistes qui analysèrent les humeurs notèrent la présence du sel marin dans l'économie : tels sont Thomas Schwencke dans son *Hématologie* (2), Haller qui en signale dans le liquide amniotique (3) ; mais, pour arriver à trouver quelques résultats utiles à connaître dans tous ces travaux, il faut arriver à Fourcroy et à Vauquelin (4), qui trouvèrent que les larmes et l'humeur des narines contiennent du sel marin mélangé à d'autres substances ; puis à ceux de M. Thénard, qui en démontra l'existence dans la sueur (5).

Berzelius (6) a analysé le sérum du sang et la sécrétion urinaire ; il constate dans ces deux humeurs la présence du chlorure de sodium. Marcet (7) a constaté la présence du sel marin dans les fluides de l'hydrorachis, de l'hydrocéphale, de l'hydropéricarde, de l'hydrothorax et de l'hydropisie ascite. Henry fils (8) a trouvé des traces de sel marin dans un calcul salivaire d'un cheval. Herberger (9) en trouva dans le lait de femme ; Simon (10) dans du pus provenant d'une glande lymphatique engorgée d'un cheval. Marchand (11) a trouvé dans une concrétion provenant de l'articulation du genou 14 pour 100 de sel marin. Valentin (12) obtint d'une croûte exsudatoire formée autour d'un tibia atteint de carie 13 1/2 pour 100 de sel marin. H. Nasse a constaté la présence du sel marin dans le mucus, le sang, le chyle, le lait et la salive d'homme ; il a analysé de plus le sang et le chyle de chat, le chyle et la lymphe de cheval. Dans toutes ces humeurs, il constate la présence du sel marin, et en détermine la

(1) Vieussens, *Dissertation touchant l'extraction du sel acide du sang*. Montpellier, 1698, in-8°. — *Traité des liqueurs du corps humain*. Toulouse, 1715, in-4°.

(2) Thomas Schwencke, *Hæmatologia*, in-8°. Hagæ, 1743.

(3) Fourcroy, *Syst. des conn. chimiques*, an IX, t. X, p. 78.

(4) Fourcroy et Vauquelin, *Examen chimique des larmes et de l'humeur des narines*, 1791, dans *Obs. sur la phys.*, par l'abbé Rozier, t. XXXIX, p. 254.

(5) Thénard, *Mém. sur l'anal. de la sueur*, etc. (*Journ. de méd.*, 1806, t. XXVII, p. 382).

(6) Berzelius, *Lehrb. d. Chem.*, Bd. 9, f. 98, 1807.

(7) Marcet, *Journ. de méd.*, 1811, t. LVI, p. 73.

(8) Henry fils, *Journ. de pharm.*, 1826, t. XI, p. 465.

(9) Herberger, *Journ. für prakt. Chemie*, 1835, t. VI, p. 279.

(10) Simon, *Handb. der med. Chemie*, 1840, t. I, p. 340.

(11) Marchand, *Journ. für prakt. Chemie*, 1842, t. XXVII, p. 95.

(12) Valentin, *Valentin Repertorium für Anatomie*, 1838, in-8°, p. 401.

quantité. Prout (1) a trouvé dans le suc gastrique d'homme du sel marin. Fromherz et Gugert (2) trouvent dans la cendre des cartilages costaux d'un homme de vingt ans 8,23 pour 100 de sel marin. Vogt (3) a analysé l'eau de l'amnios de deux femmes mortes pendant leur grossesse, et trouva du sel marin dans ces deux humeurs en assez grande quantité. Simon (4) a constaté dans le cristallin de l'œil du cheval et du bœuf la présence du sel marin. Haidlen a trouvé de 0,024 à 0,034 pour 100 de sel marin dans lait de vache (5).

Depuis, ces résultats ont été confirmés par un grand nombre d'analyses et de recherches, en sorte que l'histoire des différentes découvertes faites sur le sel marin se confond avec toutes les autres recherches, et ne présente rien de particulier à noter. Nous devons remarquer cependant, relativement aux figures qui en ont été données, que Golding Bird a représenté les groupements des aiguilles disposés en dendrites, mais ses figures ne sont pas bonnes (6). Les figures de Harting, quoique manquant de cachet anatomique, sont meilleures (7). Frick n'a figuré que la variété octaédrique des cristaux de ce principe (8).

CHAPITRE X.

CHLORURE DE POTASSIUM.

Synonymie : *Sel fébrifuge de Sylvius, muriate de potasse, potasse muriatée, hydrochlorate et chlorhydrate de potasse.*

815. — Ce principe se rencontre dans le lait, dans les muscles, le foie, le liquide cérébro-rachidien, dans le liquide des hydrocéphales, le liquide rejeté par les cholériques, le

(1) Prout, *Phil. trans.*, 1824, p. 1.

(2) Fromherz et Gugert, Schweigger's *Journal*, 1825, Bd. 50, p. 187.

(3) C. Vogt, *Vergleichende Untersuchung. zweier Amnios-flussigkeiten aus Verschieden Perioden des Fœtus Lebens* (*Arch. die Physiologie*, von J. Müller, 1837, t. IV, p. 69).

(4) Simon, *Handbuch der med. Chemie*, 1840, t. I, p. 76.

(5) Haidlen, *Annalen der Chem. und Pharm.*, 1843, t. XLV, p. 263.

(6) Golding Bird, *Urinary deposits, their diagnosis, pathology and therapeutical indications*. London, 1846, in-12, fig. 4, p. 5. — Ce titre de l'ouvrage de Golding Bird doit être placé aussi t. I, p. 708 (2), où par erreur en a été mis un autre.

(7) Harting, *Het Microskoop deszefs Gebruik; Geschiedenis en Tegen woordige toestand.* Utrecht, 1848, vol. III, pl. II, fig. 46.

(8) Frick, *Renal affections, their diagnosis, and pathology*. Philadelphia, 1850, in-8°, fig. 3, n° 6.

chyle de cheval, le sang, les mucosités nasales, la salive, la bile, le suc gastrique et dans l'urine; ce sont les seules parties du corps où sa présence ait été signalée.

816. — Suivant les espèces animales il existe de 7,71 à 9,80 pour 100 de matières incombustibles dans la chair musculaire. Staffel indique, pour 100 parties de cendre de chair de veau, 10,585 de chlorure de sodium et 7,494 dans celle de bœuf; il n'y a pas de chlorure de potassium dans celle du premier, et il n'y en a que 4,014 dans celle du second (1). Les recherches de Liebig et de ses élèves en indiquent une plus forte proportion. En effet, Keller a trouvé 14,81 pour 100 de chlorure de potassium dans les cendres de la viande (2).

Ces chiffres donnent en conséquence à peu près de 0,4 (Staffel) à 1 pour 100 (Keller) de chlorure de potassium dans la chair musculaire.

M. Braconnot indique dans le foie de bœuf 0,64 pour 100 de chlorure de potassium sans indice de sel marin (3).

Nous avons constaté sa présence dans l'urine de l'homme, mais sans pouvoir encore en déterminer la quantité.

M. Braconnot est le seul auteur qui ait encore signalé la présence du chlorure de potassium dans l'urine des animaux. Ses analyses ont porté sur celles du veau et celles du mouton. Il a trouvé dans la première 3,22 pour 1000 de chlorure de potassium (4). Chez un mouton n'étant pas soumis au régime du sel marin, il a trouvé 6,13 de chlorure de potassium pour 1000, et pas de chlorure de sodium sur le même animal auquel on donnait 15 grammes de sel marin par jour. Au bout d'une semaine, on trouva 6,20 pour 1000 de chlorure de potassium et 23,26 de chlorure de sodium.

Il existe dans le lait une assez grande proportion de chlo-

(1) Staffel, *Analyse des cendres de la chair de bœuf et de veau* (*Arch. der Pharm.*, 1850, t. XLIV, p. 158).

(2) Keller dans Liebig, *loc. cit.*, 1852, p. 209.

(3) Braconnot, *Anal. du foie de bœuf* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1819, t. X, p. 198).

(4) Braconnot, *Ann. de phys. et de chim.*, 1847, t. XX, p. 244.

rure de potassium. Berzelius en a trouvé 1,70 pour 1000 dans le lait de vache écrémé (1). Haidlen (2) a trouvé, pour 100 parties de lait de vache, 0,144 de chlorure de potassium dans un cas et 0,183 dans un autre. Enfin, celles de Pfaff et Schwartz ont donné 0,135 pour le lait de vache et 0,030 pour celui de femme (3). Berzelius en a signalé dans les mucosités nasales et Prout dans le suc gastrique, mais les proportions n'ont pas été déterminées. Tiedemann, Gmelin et Wright qui ont signalé la présence de ce sel dans la salive (4), M. Thénard (5), qui en a trouvé dans la bile, n'ont pu en déterminer la quantité; il en est de même de Vauquelin, qui en a signalé aussi dans le chyle du cheval (6). Les auteurs qui ont trouvé du chlorure de potassium dans le sang, tels que O'Shaughnessy chez un cholérique (7), MM. Lecanu (8), Dumas (9), n'en ont pas indiqué la quantité, ou bien l'ont confondue avec celle du sel marin.

Margraff (10), qui le premier en a trouvé dans l'urine de vache et dans la sueur humaine, n'en a pas apprécié la quantité. Vauquelin en a trouvé (11) aussi dans l'urine du cheval, des lapins et des cochons d'Inde. Ce sont les seuls auteurs qui aient signalé jusqu'à présent l'existence du chlorure de

(1) Berzelius, *Seconde suite du mémoire sur la composition des fluides animaux* (*Ann. de chimie*, 1814, t. LXXXIX, p. 20).

(2) Haidlen *Annalen der Chemie und Pharm.*, 1843, t. XLV, p. 263.

(3) Dans Simon, *Die Frauenmilch nach irhem Chem. und Pharm. Verhalten*, in-8°. Berlin, 1838.

(4) Tiedemann et Gmelin, *Recherches expérimentales, physiologiques et chimiques sur la digestion*. Paris, 1827.—Et Wright, *The Lancet*. London, 1842.

(5) Thénard, *Mém. de la Soc. d'Arcueil*. Paris, 1806, t. I, p. 113.

(6) Vauquelin, *Analyse du chyle de cheval* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXI, p. 113).

(7) O'Shaughnessy dans Dumas, *Traité de chimie*, 1846, t. VIII, p. 520, Sang des cholériques.

(8) Lecanu, *Études chimiques sur le sang humain* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1838, t. LXVII, p. 54).

(9) Dumas, *Traité de chimie*, 1846, t. VIII, p. 499.

(10) Margraff, *OEuvres chimiques*. Berlin, 1768, t. II, p. 179.

(11) Vauquelin dans Fourcroy, *Système des connaissances chimiques*, an IX, t. X, p. 188. — *Analyse comparée de l'urine de divers animaux* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXII, p. 197).

potassium dans ce liquide; mais comme il y en a dans le sang et que rien ne contredit la possibilité du fait, il est à croire que leurs observations sont exactes. Cependant il ne faut pas omettre d'observer que l'histoire de ce principe immédiat serait à refaire avec les procédés actuels d'analyse; car, malgré son analogie avec le chlorure de sodium, son abondance dans les muscles, sa petite quantité dans le sang, portent à faire croire qu'une fois son histoire poursuivie dans toutes les parties du corps, avec le même soin qu'on l'a fait pour le sel marin, il en résulterait un progrès pour nos connaissances sur la constitution des humeurs.

817. — Ce principe est à l'état liquide dans les muscles, le sang et l'urine. Il est, avec le chlorure de sodium et les sulfates alcalins, une des parties constituantes du sérum sanguin et de la partie liquide que l'on peut exprimer des muscles en les écrasant. Il est, comme eux, directement dissous dans l'eau, vu sa grande solubilité, et sert sans doute à tenir en dissolution d'autres principes moins solubles. Ce que nous avons dit du sel marin relativement à l'état dans lequel il se trouve dans l'économie s'applique aussi à ce principe, car il n'est pas, comme les phosphates terreux, fixé aux substances organiques, et il peut être enlevé par la lixiviation et par l'ébullition.

818. — Comme le chlorure de sodium, comme le chlorhydrate d'ammoniaque, il conserve dans l'économie toutes les réactions caractéristiques des chlorures qui sont propres à ces différents sels mis au contact des réactifs. Comme eux, par conséquent, il peut intervenir en raison de ce fait dans les actes chimiques qui se passent lors de l'application d'un caustique ou d'un autre médicament. Il est donc nécessaire de tenir compte de sa présence, quoique, vu sa petite quantité, il ait moins d'importance que les autres principes analogues.

819. — Relativement à la manière dont ce principe concourt à former la substance du corps, ce que nous avons dit du chlorure de sodium devrait être répété ici, d'après l'analogie qui existe entre ces deux sels. Il en est de même pour

ce qui concerne son issue hors de l'économie ; quant à son origine, nous avons vu que, d'après Liebig, dans le sang de l'homme et des granivores, le phosphate de potasse est toujours accompagné de sel marin ; or, ces deux sels peuvent se décomposer mutuellement en chlorure de potassium et phosphate de soude. De plus, nous introduisons ce principe dans le corps en mangeant de la chair.

Aucune recherche spéciale n'a, du reste, été faite à cet égard, si ce n'est celles de MM. Braconnot et Daurier, qui sur des moutons recevant 15 grammes de chlorure de sodium par jour, n'ont trouvé que du chlorure de potassium dans l'urine, ce qui indique que ce sel s'est formé dans l'organisme par des actes de double décomposition ; mais ces recherches ont été restreintes à cette seule espèce animale, et l'on ne peut faire encore autre chose que signaler le fait (1).

820. — On ne peut rien dire de plus que pour le sel marin concernant le rôle que joue dans l'économie le chlorure de potassium ; cependant il serait intéressant d'établir les relations qui existent entre la petite quantité de chlorure de sodium des muscles, comparée à la quantité considérable proportionnellement de chlorure potassique qu'on y trouve.

821. — *Extraction.* Pour constater la présence du chlorure de potassium comme principe immédiat d'un tissu ou d'une humeur, il faut faire cristalliser les sels contenus dans le liquide qu'on veut analyser, séparer les cristaux cubiques qui peuvent être des chlorures de sodium et de potassium, et les purifier par une nouvelle cristallisation. Lorsqu'on s'est assuré par l'examen au microscope, qu'il n'y a point d'autres cristaux mélangés avec ces chlorures, on les redissout dans un peu d'eau, et en ajoutant à la solution du perchlorure de platine, s'il se forme un précipité de chlorure double de platine et de potassium, on aura la preuve qu'il existait dans le tissu ou l'humeur qu'on analysait du chlorure de potassium comme principe immédiat.

822. — *Historique.* Nous avons dit que Margraff paraît être le premier qui ait signalé (2) la présence du chlorure de potassium dans l'organisme. Prout (3) et John ont fait voir qu'il existait du chlorure de potassium dans les muscles des principaux mammifères. Liebig (4) a montré

(1) Braconnot dans Daurier, *Sur l'emploi du sel*, etc., in-8°. Nancy, 1847.

(2) Margraff, *loc. cit.*, 1768, t. II, p. 179.

(3) Prout, *Philosophical transact.*, 1824.

(4) Liebig, *Chemische Untercurhung. über das Fleisch*, von Justus Liebig. Heidelberg, 1847.

qu'il semble y remplacer le chlorure de sodium qui s'y trouve en très petite quantité, comme déjà l'avait signalé M. Braconnot pour le cœur du bœuf (1). Prout (2) a constaté la présence du chlorure de potassium dans le suc gastrique. Il a également été trouvé par Westrumb (3) dans les cendres du sang, par Fourcroy dans les tendons, mais le procédé employé pour la calcination n'est pas assez certain dans ses résultats pour qu'on doive en tenir compte (4). Nous signalerons, pour ne rien omettre, que John en a trouvé dans les crachats d'un phthisique (5). Enfin on sait déjà que Rouelle le cadet (6) en avait trouvé dans le lait de vache, ainsi que Parmentier et Deyeux (7), Chaptal (8) et Schwartz (9). Collard de Martigny en a trouvé aussi dans des calculs des vésicules séminales (10). Enfin il a été signalé encore dans le lait par Franz Simon (11) et par Weber (12). Ce dernier indique 14,18 pour 100 de chlorure de potassium dans le lait, résultat probablement trop fort. M. Lassaigne indique la présence du chlorure de potassium des phosphate et sous-carbonate de soude dans le liquide des ventricules cérébraux, et celui de l'arachnoïde spinale (13). Dans un cas d'hystérie, M. Peschier l'a vu remplacer le sel marin dans deux analyses faites à sept jours de distance (14). Dumenil dit aussi en avoir trouvé un peu dans l'urine normale (15). Il en a été trouvé dans

(1) Braconnot, *Analyse comparée des excréments du rossignol et du cœur de bœuf dont il a été nourri* (*Ann. de physiq. et de chim.*, 1821, t. XVII, p. 380).

(2) Prout dans Fourcroy, *Syst. des connaiss. chimiques*, an IX, t. IX.

(3) Westrumb, *Journal de chimie de Crell*, 1784, t. XII, p. 140.

(4) Fourcroy, *Syst. des connaiss. chimiq.*, an IX, t. IX, p. 225.

(5) John, *Chemische Untersuchungen*. Berlin, in-8°, 1810, p. 126.

(6) Rouelle, *Journ. de méd.*, 1771, t. XXXVI, p. 256.

(7) Parmentier et Deyeux, *Analyse du lait* (*Ann. de chim.*, 1790, t. VI, p. 183).

(8) Chaptal, *Eléments de chimie*, 1790, t. IV, p. 522.

(9) Schwartz, *Dissert. sistens nova experimenta circa lactis princip. constit.* Kiel, 1814.

(10) Collard de Martigny, *Note sur l'anal. chimiq. de calculs trouvés dans une des vésicules spermat. d'un homme* (*Arch. gén. de méd.*, 1827, t. XIII, p. 307).

(11) F. Simon, *Die Frauen Milch nach ihren chemischen und physiologischen Verhalten dargestellt*. Berlin, 1838.

(12) Weber, *Examination of the inorganic constituents of cow's milk* (*Philosophical magazine*, october 1849, p. 279).

(13) Lassaigne, *Anal. comparat. de deux liquid. recueillis, l'un dans le ventric. du cerveau, et l'autre dans la cavité de l'arachn. spinale, chez un homme atteint d'arachnoïtis chroniq.* (*Journ. de chim. méd.*, 1825, t. I, p. 228).

(14) Peschier, *Sur la composit. de l'urine d'une personne hystérique* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 234).

(15) Dumenil, *Sur l'urine* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 327).

le liquide de l'intestin des cholériques (1). Prout et Bostock ont trouvé ce sel et du sel marin dans le liquide d'un hydrocéphale (2). D'après Enderlin, la quantité de chlorure de potassium du sang varie selon la nature des aliments ingérés, il pourrait remplacer le chlorure de sodium (3). Nous avons indiqué dans le cours de cet article les différents auteurs qui se sont occupés de ce principe et auxquels nous avons eu à emprunter des documents positifs. Harting a donné une figure des cristaux de ce sel (4).

CHAPITRE XI.

FLUORURE DE CALCIUM.

Synonymie : *Fluate de chaux, chaux fluatée, spath fluor, spath vitreux.*

823. — Le fluorure de calcium n'existe que dans les os et les dents. Il est du nombre de ces quelques principes salins qui existent seulement dans un petit nombre de tissus, contrairement à la plupart des autres sels d'origine minérale, et dont l'étude n'a qu'une importance secondaire.

824. — Berzelius a signalé le premier des traces de fluorure de calcium dans les os de l'homme. Marchand en a trouvé 1 pour 100 (5). Il y en a, d'après Berzelius, de 3 à 4 pour 100 dans les os du bœuf et des traces dans la substance des cornes de cerf.

Il existe dans l'émail et dans l'ivoire des dents humaines du fluorure de calcium dont la quantité n'a pas été déterminée.

Dans l'émail des dents de bœuf, Berzelius en signale 4 pour 100, et 5 pour 100 dans l'ivoire. M. Lassaigne n'indique pas sa présence dans le cément dentaire (6), mais l'identité de structure de cette substance avec celle des os porte à croire qu'elle en renferme aussi.

(1) Lassaigne, *Sur un liq. recueilli dans le cœcum d'une femme morte du choléra* (*Journ. de chim. méd.*, 1832, t. VIII, p. 459).

(2) Prout, *Anal. du fluide d'un hydrocéphale* (*Journ. de pharm.*, 1820, t. VI, p. 535).

(3) Enderlin, *Recherches chimico-physiologiques* (*Ann. der Chemie und Pharm.*, 1844, t. XLIX, p. 317, et t. L, p. 53).

(4) Harting, *Het microskoop*, etc., in-8°. Utrecht, 1848, pl. III, fig. 85.

(5) Marchand, *Journal für prakt. Chemie*, 1842, t. XXVII, p. 86.

(6) Lassaigne, *Journal de chimie médicale*, 1838, t. IV, p. 366.

825. — Ce principe est certainement à l'état solide dans les tissus où nous venons de signaler sa présence. En raison de sa petite quantité, ou à cause de ses propriétés, on ne peut agir directement sur lui, comme sur d'autres principes, tels que les chlorures contenus dans les humeurs; aussi on ne saurait dire d'une manière précise quelles sont les substances avec lesquelles il se trouve combiné pour former la substance organisée des dents. Il est probable qu'il est uni au sel marin ou au phosphate de chaux. On ne sait pas non plus par quels aliments il arrive dans l'économie, ni comment il en sort, ni quel rôle il remplit. Berzelius le considère comme accessoire et n'étant pas d'une présence indispensable dans les os; il pense qu'il arrive avec les principes d'origine minérale (1).

826. — *Extraction.* On peut s'assurer de la présence du fluorure de calcium en décomposant par l'acide sulfurique, dans une certaine quantité d'os calcinés et pulvérisés une capsule de platine. Les vapeurs qui s'échappent lorsqu'on chauffe corrodent le verre et décèlent la présence de l'acide fluorhydrique.

C'est la calcination employée pour arriver à ce résultat qui empêche de déterminer d'une manière précise si le fluor est réellement dans les os et les dents à l'état de fluorure de calcium, ou bien s'il ne présente pas un autre état de combinaison détruit par le feu.

827. — *Historique.* Morichini peut être considéré comme le premier qui ait signalé en 1805 la présence du fluorure de calcium dans le corps des animaux, car c'est à dater de ces recherches que le fait s'est répandu. Il le trouva dans une dent d'éléphant fossile dont le squelette fut trouvé dans une colline proche de Rome; il en constata aussi l'existence dans l'émail des dents humaines (2). Déjà, pourtant, John avait en 1804 signalé l'existence de l'acide fluorhydrique dans les os fossiles d'un Mammouth (3). D'après les recherches de Morichini, Gay-Lussac, répétant avec lui à Rome les mêmes recherches, trouva, la même année 1805, du fluorure calcique

(1) Berzelius, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie.* Stockholm, 1840, trad. fr., in-8°, p. 331.

(2) Morichini, *Memorie di mathematica et di fisica delle scienze*, t. X, part. 1re, p. 164, 1805.

(3) John, *Bulletin de la Soc. impér. des naturalistes de Moscou*, in-8°.

dans de l'ivoire frais et dans les défenses de sanglier (1), ainsi que dans l'émail des dents humaines. Ces recherches, qui d'abord semblèrent contredites par les résultats négatifs obtenus par Fourcroy et Vauquelin sur de l'ivoire frais (2), furent bientôt confirmées au contraire par celles de Berzelius, qui constata également la présence du fluate de chaux dans l'émail des dents de l'homme, dans la proportion de 0,03. Le premier il en trouva dans les os humains et dans ceux du bœuf; il indiqua 2 pour 100 dans le fémur de l'homme, et 3 à 4 dans le bœuf. Malgré les recherches déjà citées de Fourcroy et Vauquelin dont les résultats sont contraires à ceux-ci, Berzelius en indiqua en 1812 (3), et dans son traité de chimie, 3 pour 100 dans l'ivoire des dents humaines. Berzelius a indiqué 1 pour 1000 de ce sel dans l'urine humaine en 1812; mais, depuis, personne n'a plus parlé de ce sel, pas même lui. D'après Rees, cependant, le fluorure de calcium n'existerait pas dans les os et les dents, et ce que Berzelius aurait pris pour cet acide ne serait que de l'acide phosphorique, lequel, quoique n'étant pas volatil par lui-même, est entraîné par la vapeur d'eau (4). Erdmann a examiné les os spécialement dans le but de savoir qui de Rees ou Berzelius avait raison, et il a retrouvé du fluorure de calcium (5). Ce principe a été nié dans les os frais et anciens chez l'homme par MM. Girardin et Preisser (6), d'où ils concluaient que ce fait pouvait servir à faire distinguer les os humains des ossements fossiles; mais Midleton (7) et Daubeny (8) ont montré qu'il y avait sans doute erreur dans

(1) Gay-Lussac, *Lettre à M. Berthollet sur la présenee de l'acide fluorique dans les subst. animales, et sur la pierre alumineuse de la Tolfa* (*Ann. de ehim.*, 1805, t. LV, p. 258).

(2) Fourcroy et Vauquelin, *Expér. faites sur l'ivoire frais, sur l'ivoire fossile et sur l'émail des dents, pour voir si ees subst. contiennent de l'acide fluorique* (*Ann. de chimie*, 1806, t. LVII, p. 37).

(3) Berzelius, *Neues algm. Journ. der Chemie*, 1806, p. 571. — Berzelius, *General views of the composition of animal fluids*. London, 1812. *Mém. de physique, de ehimie et de minéralogie* de Berzelius et Hizinger, 3[e] partie. — Berzelius, *Lettre à M. Vauquelin sur le fluate caleaire contenu dans les os et dans l'urine* (*Ann. de chim.*, 1807, t. LXI, p. 256).

(4) Rees, *Exist. supposée de l'acide fluorique dans eert. mat. animales* (*Journ. de chim. méd.*, 1841, t. VII, p. 13).

(5) Erdmann, *Journ. für prakt. Chemie*, 1841, t. XIX, p. 446.

(6) Girardin et Preisser, *Mém. sur les os anciens et fossiles, et sur les autres résidus solides de la putréfaet.* (*Ann. de ehim. et de phys.*, 1844, t. IX, p. 370).

(7) Midleton, *Anal. des os anciens et fossiles* (*Philos. magaz.*, 1844, t. XXV, p. 14).

(8) Daubeny, *Sur la prés. du fluor dans les ossements tant réeents que fossiles* (*Philos. magaz.*, 1844, t. XXV, p. 122).

les analyses des chimistes français ; car soit sur des os frais, soit sur des os enfouis depuis très longtemps, ils sont arrivés aux mêmes résultats que Morichini, Gay-Lussac, Berzelius, etc. De Bibra a toujours retrouvé ce sel dans les os cariés, ni plus ni moins qu'à l'état normal (1).

CHAPITRE XII.

CHLORHYDRATE D'AMMONIAQUE.

Synonymie : *Chlorure d'ammonium, hydrochlorate d'ammoniaque, sel ammoniac, muriate d'ammoniaque, muriate ammoniacal, ammoniaque muriatée, salmiak.*

828. — La présence de ce principe immédiat a été constatée dans quelques produits de sécrétion seulement. Ce sont le suc gastrique des ruminants, la salive, les larmes et l'urine. Il est probable qu'il en existe dans les liquides intestinaux, mais le fait n'a pas encore été constaté. Quelques auteurs pensent qu'il y en a des traces dans toutes les concrétions urinaires.

829. — La masse et le poids de ce principe n'ont pas été appréciés par les observateurs. Il est comme les autres chlorures, toujours à l'état de dissolution dans l'eau. Comme les autres chlorures, il se décompose au contact des réactifs dans l'organisme. Dissous et mélangé avec les principes que nous venons de décrire, il concourt de la même manière qu'eux à constituer la substance du corps.

830. — Sa quantité dans les divers liquides n'a été indiquée que dans l'urine.

D'après Simon, il y en a 0,41 p. 1000 (2).

D'après Berzelius, il y en a 1,50 (3).

Il en existe dans l'urine du chameau, de la vache, mais on

(1) De Bibra, *Annalen der Chem. und Pharm.*, 1846, t. XLVII, p. 356.

(2) Simon, *Beitraege zur physiologischen und pathologischen Chemie*. Berlin, 1843.

(3) Berzelius, *Annales de chimie*, Paris, 1813, t. LXXXVIII, p. 26.

n'a pas calculé sa quantité (1); il y en a aussi dans celle du chat (2) et celle du lion (3). D'après Weber (4), il y en a aussi dans la sueur des brebis. Le muriate alcalin dont Berzelius a signalé l'existence dans la salive, outre du sel marin en petite quantité, était certainement du chlorhydrate d'ammoniaque (5), car depuis on a retrouvé dans ce liquide une assez grande proportion de ce sel, ainsi qu'on peut le constater à l'aide du microscope. Les observations à cet égard de Le Baillif et de M. Donné (6) ont pu être vérifiées par divers observateurs. Nous avons constaté que par le même moyen on en découvre une petite proportion dans les larmes. John dit en avoir trouvé dans la thyroïde (7), mais on ne peut pas être très certain de ces résultats. Chez les autres animaux mammifères, on en trouve dans les excréments : tels sont la vache et le chameau d'après Hasselquist (8), mais la quantité est variable et non déterminée. On a déjà depuis longtemps signalé son existence dans la salive du cheval (9), dans son chyle (10), dans le suc gastrique des ruminants (11). Macquart (12) en indique 14 à 18 grains (70 à 90 centigr.) dans 1 livre 4 onces du même liquide (628 gram.); 1 gros 16 grains (4gram.,80) dans une livre

(1) Brandes, *Transact. philosoph.*, 1806.

(2) Bayen dans Fourcroy, *Syst. des conn. chim.*, an IX, t. X, p. 191.

(3) Vauquelin, *loc. cit.*, 1812, t. LXXXII, p. 197.

(4) Weber, *Phys. chem. Mag. für Aerzte Chemie*, 1780, p. 120.

(5) Berzelius, *Première suite du mémoire sur la composit. des fluides animaux* (*Ann. de chim.*, 1813, t. LXXXVIII, p. 113).

(6) Le Baillif et Donné, dans Donné, *Hist. physiol. et pathol. de la salive*, in-8°, Paris, 1836, et *Cours de microscopie*, Paris, 1844, p. 209. — Donné et Foucault, *Atlas du cours de microscopie*, in-fol., 1845, fig. 41.

(7) John, *Chemische schriften*, 1813, t. IV, p. 262.

(8) Hasselquist, *Mém. de l'Acad. de Suède*, 1751, t. XII, p. 258.

(9) Hapel de la Chenaye, *Hist. de la Soc. roy. de méd. de Paris*, 1780, t. IV, p. 327.

(10) Emmert et Reuss, dans Emmert, *Beitraege zur nahern Kenntniss des Speisesaftes und dessen Bereitung* (*Arch. fur physiol.* von Reil, 1807-1808, vol. VIII, p. 145, à la page 164).

(11) Brugnatelli, *Sur la vertu dissolvante du suc gastrique* (*Ann. de Crell*, 1786, t. I. — Carminati dans Sennebier, *Sur le suc gastrique* (*Ann. de chim. de Crell*, 1787, t. II, p. 185).

(12) Macquart, *Mém. de la Soc. royale de méd. de Paris*, 1786, t. VIII, p 355.

(500 gram. de liquide chez le mouton); 48 grains (2gram.,40) dans une livre (500 grammes) de liquide chez le veau.

831. — On ne sait d'où vient ce principe, s'il est introduit dans l'organisme par les aliments, ou s'il se forme dans l'économie; car l'analyse comparée des aliments et du corps n'étant pas faite encore d'une manière satisfaisante, on ne saurait traiter cette question même d'une manière approximative. L'un et l'autre cas sont possibles. On peut voir que c'est par les urines, et peut-être par la sueur qu'il est rejeté. Quant à celui du suc gastrique, de la salive et des larmes, comme ce sont là des liquides récrémentitiels, il rentre avec eux, du moins en partie, dans le système circulatoire.

832. — Le rôle qu'il joue dans les humeurs, dans les parties de la substance organisée qu'il concourt à former, est tout à fait inconnu. (Voyez ce que nous avons dit du sel marin.)

833. — *Extraction.* Les procédés employés pour reconnaître ce sel d'ammoniaque dans les liquides animaux et pour le séparer des autres principes, reposent presque tous sur la propriété que possède leur base de se volatiliser. Il suffit donc de décomposer le chlorhydrate par une base telle que la soude ou la baryte. La base se combine avec l'acide chlorhydrique, et l'ammoniaque, devenue libre, se dégage. On la recueille dans l'acide chlorhydrique, et l'on dose la quantité de chlorhydrate pur qui s'est reformé, en le précipitant par le chlorure de platine, d'où l'on déduit la quantité de l'ammoniaque et celle de l'acide.

Ce procédé n'est pas applicable à l'urine de l'homme et des carnivores tant qu'elle renferme encore un phosphate ammoniaco-magnésien et de l'urate d'ammoniaque, parce qu'il ne ferait connaître que la quantité de la base, et non celle du chlorhydrate d'ammoniaque. Il n'est donc applicable qu'aux liquides qui ne contiennent plus qu'un seul des sels précédents. Nous verrons comment on peut séparer d'abord le phosphate ammoniaco-magnésien, et l'urate d'ammoniaque pour laisser seul le chlorhydrate.

Comme dans l'analyse anatomique des tissus et des humeurs, il s'agit de séparer les principes qui les constituent immédiatement, et non les principes médiats tels que l'azote, le carbone ou l'acide sulfurique, l'ammoniaque, etc., on sent la nécessité de cet isolement successif des sels dont on veut doser la quantité. On sent aussi qu'on ne peut tirer ici parti

du travail dans lequel M. Boussingault (1) a dosé la quantité d'ammoniaque des urines sans tenir compte des acides avec lesquels elle est combinée, travail dans lequel, en un mot, il est question des principes médiats ou éloignés, et non des principes immédiats, c'est-à-dire ayant réellement un rôle direct dans l'économie.

De plus, quoique les résultats obtenus par M. Boussingault sur l'urine des carnivores, pour la quantité d'ammoniaque prise en masse, ne s'éloignent pas beaucoup de celle qu'on obtient en déduisant la quantité de cette base de tous les sels qui en contiennent, le procédé qu'il a employé n'est pas exempt de reproches sérieux. Ce savant a, en effet, chassé l'ammoniaque de l'urine par l'hydrate de chaux à une température au-dessous de 100 degrés. Or, quoiqu'il résulte de ses expériences préliminaires que la potasse, la soude, la magnésie, la chaux et leurs carbonates ne décomposent pas l'urée *pure* dissoute dans l'eau avec ces corps, on ne peut pas en conclure que les choses se passeront de la même manière dans un liquide aussi complexe que l'urine. En effet, la décomposition de l'urée par une base dans l'urine a lieu beaucoup plus facilement que lorsque la même base agit sur de l'urée pure en solution dans l'eau. Les chiffres obtenus par M. Boussingault sur l'urine d'homme, pour la quantité d'ammoniaque, sont en effet bien plus forts que ceux qu'on peut déduire des analyses faites par les auteurs qui ont extrait séparément les sels de cette humeur et non les principes éloignés.

834. — La présence du chlorhydrate d'ammoniaque peut être reconnue par son mode de cristallisation dans les cas où il est suffisamment isolé des sels qui peuvent se mêler avec lui, comme le sel marin, le chlorure de potassium. Lors même qu'il y a une petite quantité de ces derniers, la présence du chlorhydrate peut encore être reconnue, parce qu'il les entraîne à cristalliser comme lui. Quoique ces différents sels cristallisent dans le type cubique, cependant le chlorhydrate d'ammoniaque a dans l'économie plutôt de la tendance à cristalliser dans le système régulier qui en dérive (pl. II, fig. 3, *b*, *c*), que dans le système du cube. Ce fait se présente aussi pour le sel marin en présence de l'urée, ou dans les extraits alcooliques et éthérés du sang, etc. Mais le chlorhydrate d'ammoniaque a, en outre, la propriété de cristalliser en arborisations très élégantes. Elles varient un peu suivant la nature du liquide, mais le type de ces arborisations est facile à reconnaître au microscope avec un peu d'habitude. La difficulté de rendre exactement par le dessin la disposition des arborisations rend très précieuse la figure prise au microscope daguerréotype

(1) BOUSSINGAULT, *Recherches sur la quantité d'ammoniaque contenue dans l'urine* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1850, t. XXIX, p. 472, 943).

de MM. Donné et Foucault (1). Cette figure, très bien choisie, est reproduite dans notre atlas (pl. II, fig. 3, *a*, *a*); elle rend très exactement le type le plus ordinaire qu'on obtient en faisant évaporer de la salive sur une plaque de verre. Ce sont, comme on voit, de longues branches étroites, parallèles, sur lesquelles s'insèrent à peu près perpendiculairement d'autres ramifications plus courtes, et celles-ci en portent de la même manière de plus courtes encore. Ces branches sont formées par de petits octaèdres dont souvent les angles sont tronqués par une facette régulière ou arrondie, ou par de petites lames quadrilatères qui sont placées bout à bout. Un cristal de même forme, mais plus gros, termine en général chaque branche. On peut voir d'une manière plus nette cette disposition sur la figure que nous avons dessinée à un plus fort grossissement (380 diamètres), et qui reproduit une petite partie d'une arborisation analogue à la précédente (voyez pl. II, fig. 3, *b* et *c*), mais dont les cristaux étaient plus nets qu'à l'ordinaire, parce qu'au lieu d'évaporer une petite quantité de salive, on avait opéré sur 40 grammes environ. Quelquefois les petits cristaux sont rangés en série sans se toucher, sans être confondus par leurs bords : c'est ce qu'on voit figure 3, *a*, ou bien ils sont irrégulièrement distribués çà et là, figure *b*, *c*.

Quoique, dans l'extrait de sang, par exemple, le sel marin forme quelquefois des arborisations ou dendrites, on les distinguera en ce qu'elles n'ont pas le même aspect général que celles du chlorhydrate d'ammoniaque. Il faut pour cela un peu d'habitude, mais il en est ainsi pour quelque recherche que ce soit. Du reste, on trouve que les arborisations de sel marin sont faites par des cristaux cubiques et souvent prismatiques, à base carrée, ou des lames quadrilatères disposées en arborisations, bien plus faciles à reconnaître, à cause de leur netteté de forme, que les cristaux formant les arborisations du chlorhydrate d'ammoniaque, ou du moins les arborisations dans lesquelles la quantité de ce sel l'emporte sur celle des autres chlorures. L'extrémité renflée de chaque arborisation, qui est presque toujours manifeste dans les arborisations de chlorhydrate d'ammoniaque, ne l'est pas autant dans celles du chlorure de sodium. Du reste, dans la salive et autres produits liquides, il est probable que les arborisations sont formées par un mélange des deux chlorures, celui de sodium et celui d'ammonium.

835. — Nous avons, chemin faisant, cité tous les auteurs qui ont trouvé du chlorhydrate d'ammoniaque dans les parties du corps animal. Il est inutile de reprendre ici tous ces faits, qui ne sont pas assez importants pour cela. Hasselquist paraît être le premier qui en fait mention (2);

(1) DONNÉ et FOUCAULT, *Atlas du cours de microscopie*, in-fol. Paris, 1845, pl. II, fig. 42.

(2) HASSELQUIST, *Mém. de l'Acad. de Suède*, in-4°, 1751.

il l'avait trouvé dans les excréments de divers animaux. MM. Chevallier, Ollivier et Girardin ont prouvé, par des recherches spéciales, que le chlorhydrate d'ammoniaque existe dans un grand nombre des liquides et des solides animaux (1). Leeuwenhoeck en a donné trois figures assez exactes, mais peu étendues (2), qui se trouvent reproduites dans George Adams (3). Harting en a donné des figures peu caractéristiques (4). Celles de Gorup-Bezanez sont un peu meilleures (5).

CHAPITRE XIII.

CARBONATE D'AMMONIAQUE.

Synonymie : *Carbonate ammoniacal*, *sel volatil*, *sel volatil d'Angleterre*, *alcali volatil concret*, *sel ammoniacal crayeux*, *ammoniaque carbonatée*.

836. — Ce que l'on sait de ce principe immédiat est presque nul. On a trouvé des traces seulement d'ammoniaque dans les gaz pulmonaires expirés (6), mais constamment. Il est évident que ce composé n'existe pas là à l'état d'ammoniaque, mais qu'il s'y trouve à l'état de carbonate, ou peut-être même de bicarbonate. Il s'y trouve à l'état gazeux partout où ce corps existe en assez grande quantité; son odeur le fait facilement reconnaître, sans parler de sa réaction alcaline, etc. Comme on n'a pu encore le trouver nulle part ailleurs et à l'état normal chez l'homme, on ne sait pas comment il se forme. Nous en avons trouvé en assez forte proportion dans l'eau de l'amnios, sur des fœtus de chiens, vers la fin du deuxième tiers de la vie fœtale.

On ignore encore s'il existe dans le sang, et par conséquent si c'est là qu'il se forme pour être exhalé en même temps que l'acide carbonique, ou bien s'il résulte de la décomposition des matières azotées du mucus pulmonaire.

837. — On trouve du carbonate d'ammoniaque dans l'urine, mais seulement dans les cas de rétention assez prolongée du liquide pour que l'urée

(1) Chevallier, Ollivier et Girardin, *Sur la présence du muriate d'ammoniaque dans les matières animales* (*Journ. de chim. méd.*, 1839, t. V, p. 37).

(2) Leeuwenhoeck, *Opera omnia*, in-4°. Ludg. Batavorum, 1685, 2e édit., t. II, p. 148, *Sal ammoniacum*.

(3) George Adams, *Micrographia illustrata*. London, 1746, p. 237, pl. LXIV, fig. 157.

(4) Harting, *Het microskoop*, etc., in-8°. Utrecht, 1848, vol. III, pl. II, fig. 50.

(5) Gorup-Bezanez, *Anleitung zur zoochem. Analyse*. Nuremberg, in-8°, 1850, fig. 25.

(6) Regnault, *Traité élément. de chimie*, t. II, *Chimie organique*, in-12. Paris, 1850, p. 867.

ait eu le temps de se décomposer, fait connu depuis longtemps. C'est en grande partie à ce principe que ces urines doivent leur fétidité.

Il paraîtrait qu'on trouve des sels ammoniacaux dans le sang et l'urine dans quelques cas de maladie, et c'est principalement dans le typhus, la variole, la scarlatine. Mais on ne sait pas au juste quels ils sont, et ces faits ne sont pas très certains, si ce n'est pour le chlorhydrate d'ammoniaque. On comprend, d'après ce qui précède, que nous n'ayons rien à dire sur le rôle que joue ce sel dans l'économie, ni sur les procédés à employer pour en reconnaître la présence.

Beaucoup d'analyses des anciens auteurs (1) indiquent la présence du carbonate d'ammoniaque dans les tissus animaux ; mais ils l'obtenaient de l'urine putréfiée, des solides en putréfaction, ou par décomposition de ces matières par la chaleur, d'où résulte la formation d'acide carbonique d'une part et d'ammoniaque de l'autre, qui se combinent immédiatement.

Graves dit avoir trouvé du carbonate d'ammoniaque dans l'urine d'un individu atteint d'anasarque et dont la vessie était saine, en sorte que ce sel ne pouvait venir que des reins (2).

MM. Chevallier et Henry ont indiqué la présence du carbonate d'ammoniaque dans le produit de l'exhalation pulmonaire des vaches (3). Brandes dit en avoir trouvé dans l'urine d'éléphant (4).

CHAPITRE XIV.

BICARBONATE D'AMMONIAQUE.

838. — L'existence de ce corps, en tant que principe immédiat, n'est pas encore parfaitement démontrée. Néanmoins, comme son existence est possible et appuyée par les faits suivants, nous le rangeons parmi les principes immédiats; provisoirement du moins et sans y attacher grande importance.

M. Boussingault a trouvé de 0,06 à 0,10 d'ammoniaque pour 1000 dans l'urine de vache ; 0,04 pour 1000 dans celle du cheval et du chameau ; il n'y en avait pas dans celle du lapin (5). Cet auteur a également analysé l'urine de l'éléphant et du rhinocéros, mais ces analyses ne peuvent pas être prises en considération, attendu que les urines ont été recueillies dans

(1) Berthollet, *Dict. des arts et métiers*, 1767, in-8, t. III, p. 192.

(2) Graves, *Carbonate d'ammoniaque dans l'urine* (*Journ. de chim. méd.*, 1835, t. I, p. 142).

(3) Chevallier et Henry, *Examen de l'exhalation pulmonaire des vaches* (*Journ. de chim. méd.*, 1845, t. IX, p. 217).

(4) Brandes, *Note sur l'urine d'éléphant* (*Arch. der pharm.*, 1849, t. XVIII, p. 65).

(5) Boussingault, *loc. cit.*, 1850, p. 490, etc.

le canal d'écoulement des loges de ces animaux au Jardin des plantes. Cette ammoniaque ne peut se trouver dans les urines d'herbivores qu'à l'état de carbonate, et c'est probablement du bicarbonate, car il y a déjà du bicarbonate de potasse, et, de plus, ces urines ne répandent nullement l'odeur du carbonate d'ammoniaque. Si c'était du carbonate et non du bicarbonate, qui n'a pas l'odeur ammoniacale, la quantité du sel ammoniacal est assez considérable pour qu'on puisse le reconnaître à l'odeur.

839. — C'est là tout ce qu'on sait de plus positif sur l'existence de ce principe. On ne peut, par conséquent, en parler qu'avec doute, surtout si l'on considère que M. Boussingault a chassé l'ammoniaque en chauffant l'urine après addition d'hydrate de chaux. Or nous avons vu que dans l'urine, les alcalis décomposent facilement l'urée ; il serait donc possible qu'il existât en réalité moins d'ammoniaque que ne l'indique M. Boussingault.

M. Boussingault (1) a trouvé aussi 0,21 pour 1000 d'ammoniaque dans la bouse de vache, et 0,27 dans le crottin de cheval : on ne sait pas si cette base s'y trouve à l'état de carbonate ou de bicarbonate ; il suffit donc de signaler ici ces faits jusqu'à plus ample informé. Nous nous abstiendrons de rechercher par raisonnement d'où vient ce sel d'ammoniaque, où et comment il se forme dans l'organisme, non plus que le rôle qu'il remplit, car il faut attendre pour cela que son existence soit positivement démontrée.

840. — C'est donc seulement comme documents historiques que nous dirons que Berzelius admet que si des urines sont rendues troubles et alcalines, elles contiennent des carbonates d'ammoniaque et de soude. M. Rayer considère comme probable que les urines rendues alcalines le doivent à un acte de sécrétion plutôt qu'à la putréfaction de l'urée (2). Il se fonde sur ce que les urines à 32 degrés, hors du contact de l'air, ne s'altèrent pas ; toutefois il reste dans le doute en raison de ce fait, que dans la vessie, il y a en général du pus et du mucus avec l'urine, et l'expérience montre que, même hors du contact de l'air, deux urines dont l'une contient de ces matières, et l'autre pas, se comportent différemment. M. Rayer considère comme fait exceptionnel et qu'il n'a pu retrouver, celui de la présence du carbonate d'ammoniaque dans l'urine d'un individu atteint de fièvre continue avec pétéchies, ainsi que dans celle d'un malade atteint d'anasarque. Chez ce malade l'urine était pâle, alcaline, sans urée ni albumine ; elle faisait effervescence par les acides. Ces deux observations ont été publiées par Graves (3).

(1) Boussingault, *loc. cit.*, août 1850, p. 491.
(2) Rayer, *Traité des maladies des reins*. Paris, 1839, in-8, t. I, p. 111.
(3) Graves, *Journal de chimie médicale*, 1835, t. I, p. 242.

CHAPITRE XV.

CARBONATE DE CHAUX.

Synonymie : *Craie, terre calcaire, chaux carbonatée, carbonate calcaire, chaux aérée, chaux effervescente, spath calcaire, sel calcaire.*

841. — *Situation.* Chez l'homme et les autres mammifères on trouve du carbonate de chaux comme principe constituant dans la substance des os. On croyait autrefois qu'il existait dans les cavités ramifiées des os, ou *ostéoplastes*, mais on sait maintenant qu'il n'en est rien. Il en existe aussi dans la substance des dents, des cartilages, dans le sang. L'otoconie en est presque entièrement formée. Il y en a des traces dans les cendres des poumons. L'urine alcaline des herbivores en renferme toujours (lapin, cheval, bœuf, etc.) ; la salive parotidienne du cheval en renferme, et la salive mixte de l'homme n'en contiendrait pas (1). M. Cl. Bernard a aussi trouvé une *certaine proportion de carbonate de chaux* dans la salive parotidienne du chien ; nous en avons figuré les cristaux. On en trouve également dans les concrétions, dites à tort *ossifications*, des muscles, des artères, des valvules du cœur, des fausses membranes péritonéales et pleurales, dans celles qui se forment autour de certaines tumeurs fibreuses de l'utérus, dans les concrétions de la dure-mère ou glandes de Pacchioni, dans le sable cérébral et dans la couche jaunâtre, friable, grenue, qui se forme à la surface des parties de la substance cérébrale du mouton, déprimée et excavée pour loger la poche du *Cœnure;* il y est mêlé de phosphate de chaux. Les concrétions préputiales, salivaires, tonsillaires, lacrymales, les tubercules proprement dits ou crétacés, diverses autres concrétions pulmonaires, certains calculs urinaires, biliaires et arthritiques, contiennent de ce sel. Il y en a dans la matière sébacée, dans les substances diverses qui remplissent les *tannes* ou kystes formés par distension de ces glandes, dans les con-

(1) Lassaigne, *Anal. d'un calcul salivaire du cheval*, suivie d'une note relative à la composition chimique de la salive chez ce quadrupède (*Ann. de phys. et de chim.*, 1821, t. XIX, p. 174).

crétions calcaires qui remplissent et distendent quelquefois ces glandes au scrotum ou autour du genou. On a trouvé aussi du carbonate de chaux dans les tumeurs mélaniques du cheval, dans les petites concrétions riziformes des articulations. La substance grisâtre ou jaunâtre (quelquefois différente ou ressemblant assez par sa ténacité et sa consistance au mastic de vitrier) se trouve souvent accumulée dans le psoas, surtout chez les scrofuleux ; elle a souvent été prise pour du tubercule ramolli, sans en contenir les éléments ; elle renferme toujours du carbonate en assez forte proportion et du phosphate de chaux à l'état pulvérulent.

Lorsque l'urine humaine est alcaline, elle contient quelquefois du carbonate de chaux, mais beaucoup moins que celle des mammifères; c'est dans des cas d'alcalinité de ce genre que l'on a trouvé des grains de carbonate de chaux et des calculs urinaires contenant un peu de ce sel. L'un de nous (Ch. Robin) a trouvé du carbonate de chaux solide remplissant et injectant pour ainsi dire d'une manière très élégante la substance tubuleuse des reins de plusieurs enfants mort-nés et de deux sujets morts du choléra. L'urine ne put être essayée au papier réactif.

Le carbonate de chaux existe en petite quantité dans quelques calculs urinaires, principalement ceux qui sont formés d'acide urique et de divers urates. Il se trouve également uni au phosphate ammoniaco-magnésien et au phosphate de chaux, soit combinés, soit disposés par couches distinctes (Samuel Bigelow). Il en existe un au musée Dupuytren, analysé par M. Samuel Bigelow, dans lequel le carbonate de chaux était l'élément essentiel, et il y avait accessoirement du phosphate de chaux. Il a été trouvé dans ces productions en petite quantité par Loir (1), par Rapp (2), par Berzelius qui indique sa rareté (3). M. Chevallier pense que le carbonate de chaux est plus fréquent qu'on ne le dit, et qu'il n'est pas besoin, pour qu'il se forme, que les malades aient été soumis à l'usage

(1) Loir, *Journ. de chim. méd.*, 1839, t. X, p. 515.
(2) Rapp, *Journ. de chim. méd.*, 1839, t. VI, p. 592.
(3) Berzelius, *Traité de chimie*. Bruxelles, 1839, t. III, p. 702.

des eaux alcalines (1). Les calculs salivaires du cheval, comme ceux des autres herbivores, sont également formés de ce sel presque seul (2).

Les analyses de Henry (3), de Geiger (4), de Lecanu (5), montrent que c'est le carbonate de chaux, puis le phosphate de cette base et le carbonate de magnésie avec de la matière animale, qui constitue en majeure partie les concrétions nasales et salivaires. M. Lassaigne a trouvé un calcul salivaire d'âne presque entièrement formé par le carbonate de chaux, 86 pour 100; le reste était du phosphate et des matières animales (6). M. Lassaigne a trouvé des calculs de l'urètre du bélier en grande partie constitués par du carbonate de chaux (7).

Barros dit avoir trouvé que les os des herbivores, comme le mouton, contiennent jusqu'à 20 pour 100 de carbonate de chaux, tandis que ceux des carnivores, du lion, par exemple, n'en contiennent que 5 pour 100 (8). Il résulte des recherches de M. Lassaigne faites sur diverses productions normales et morbides du cheval, que le rapport du carbonate calcaire au phosphate de même base ne varie pas autant que celui des autres principes, excepté pour l'exostose, production dans

(1) Chevallier, *Sur la prés. du carb. de chaux dans les calculs vésicaux* (*Journ. de chim. méd.*, 1843, t. IX, p. 677).

(2) Lassaigne, *Examen chim. d'un calcul saliv. de chev.* (*Journ. de chim. méd.*, 1845, t. II, p. 523).

(3) Henry, *Examen chim. d'un calcul saliv. de chev.* (*Journ. de pharm.*, 1825, t. II, p. 464).

(4) Geiger, *Examen chim. de concrét. pierreuses rejetées par le nez pend. la durée d'une hémicrânie périod.* (*Journ. de chim. méd.*, 1828, t. IV, p. 596).

(5) Lecanu, *Anal. d'une concrét. saliv. d'homme* (*Journ. de pharm.*, 1827, t. XIII, p. 627).

(6) Lassaigne, *Examen chim. d'un calcul saliv. d'âne, extraord. par sa grosseur* (*Journ. de chim. méd.*, 1833, t. IX, p. 216).

(7) Lassaigne, *Examen chim. de petits calculs ayant déterm. l'obstruct. du canal de l'urètre chez un jeune bélier* (*Journ. de chim. méd.*, 1840, t. VI, p. 313).

(8) Barros, *De l'anal. comp. des os de diverses classes d'anim.*, thèse pour le doctorat ès sciences, Paris, 1828, et *Journ. de chim. méd.*, 1828, t. IV, p. 289.

laquelle ce principe est plus abondant (1). D'après lui, il y a 3,98 pour 100 de carbonate calcaire et des traces de celui de magnésie dans le cément des dents de vache, ce qui est à peu près la composition des os (2), dont ce cément a, comme on sait, la structure.

Laugier (3) a trouvé un calcul salivaire formé de : carbonate de chaux, 91,70; magnésie, 1,70; phosphate de chaux, 5,60. MM. Robiquet et Caventou en ont également signalé beaucoup dans des calculs salivaires de cheval (4). M. Lassaigne en a trouvé avec beaucoup de phosphate de chaux et d'un peu de matière animale dans un kyste osseux développé dans les muscles de la cuisse (5). Laugier (6) en a indiqué aussi avec du phosphate de chaux dans une concrétion des amygdales. M. Regnard également (7). M. Lassaigne a vu ce sel former la plus grande masse des calculs de l'urètre du bœuf, comme de la plupart des calculs des herbivores (8). Il y avait un peu de carbonate de magnésie, le reste était du mucus et de l'eau. M. Lenoble en a observé dans une concrétion de la panse d'une vache laitière, le reste était de la matière animale et de la bile concrète (9).

La présence de ce sel dans des calculs et graviers soit urinaires, prostatiques, etc., a été signalée par nombre d'auteurs. Il n'est jamais absolument pur. Quelquefois, mais

(1) LASSAIGNE, *Rech. chim. sur quelques product. pathol. du syst. osseux* (*Journ. de chim. méd.*, 1828, t. IV, p. 366).

(2) LASSAIGNE, *Anal. chim. de concrét. des dents de vache* (*Journ. de chim. méd.*, 1828, t. IV, p. 201).

(3) LAUGIER, *Anal. d'un calcul saliv. d'âne* (*Journ. de chim. méd.*, 1825, t. I, p. 106.

(4) ROBIQUET et CAVENTOU, *Journ. de chim. méd.*, 1825, p. 454.

(5) LASSAIGNE, *Anal. de plus. product. pathol. chez l'homme* (*Journ. de chim. méd.*, 1825, t. I, p. 269).

(6) LAUGIER, *Note sur une concrét. des amygdales* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 105).

(7) REGNARD, *Examen d'une concrét. des amygd.* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 284).

(8) LASSAIGNE, *Anal. d'un calcul urétral du bœuf* (*Journ. de chim. méd.*, 1847, t. III, p. 10).

(9) LENOBLE, *Rech. chim. sur une concrét. trouvée dans la panse d'une vache laitière à Montevideo* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1850, t. XVII, p. 199).

rarement, il forme ou concourt à former le sable urinaire. D'autres fois on l'a trouvé en assez grande quantité pour rendre les urines troubles et jumenteuses, mais en grains trop petits pour être vus à l'œil nu. Landerer en a aussi trouvé dans le cristallin cataracté (1). Enfin il forme presque à lui seul, avec un peu de phosphate de la même base, les concrétions de la *phthisie calcaire* des vaches et celles de l'affection de ces animaux appelée *pommelière*.

842. — La quantité de carbonate de chaux qui se rencontre dans les divers tissus et humeurs dont nous avons parlé n'est pas la même pour tous. Tantôt on n'en trouve que des traces, d'autres fois la quantité n'a pas été indiquée par les auteurs. Nous allons donner un tableau énumératif des tissus pour lesquels la quantité de carbonate de chaux a été indiquée. Les différences qu'on trouve souvent pour un même tissu tendent à montrer qu'un peu de carbonate de chaux a pu être produit dans quelques cas par la calcination des tissus ou des humeurs.

Os d'homme (Berzelius)	11,30	p. 100.
— (Marchand)	10,21	—
— (Lassaigne)	7,60	—
— Substance compacte (Valentin)	7,66	—
— Substance spongieuse (*Id.*)	7,76	—
— Condyle interne du fémur (*Id.*)	5,04	—
— Tête du tibia (*Id.*)	7,11	—
Os de bœuf (Berzelius)	3,85	—
Os de lion (Barros)	2,50	—
Os de mouton (*Id.*)	19,30	—
Os de poule (*Id.*)	10,40	—
Cal (Lassaigne)	6,20	—
Exostoses (*Id.*)	14,00	—
Vertèbre de rachitique (Bostock)	1,13	—
— — (Froesch)	5,95	—
Côte — (*Id.*)	4,60	—
Email d'homme (Berzelius)	8,00	—
Email de bœuf (*Id.*)	7,10	—
Ivoire dentaire d'homme (*Id.*)	5,30	—
Ivoire dentaire de bœuf (*Id.*)	1,38	—
Cément dentaire (Lassaigne)	3,98	—
Dents d'un enfant d'un jour (*Id.*)	14,00	—
— d'un enfant de six ans (*Id.*)	11,42	—
— d'adulte (*Id.*)	10,00	—
— d'un vieillard de quatre-vingt-un ans (*Id.*)	1,00	—

(1) LANDERER, *Anal. d'un cristallin opaque* (*Annuaire de chim.* de Millon et Reiset; Paris, in-8, 1847, p. 754).

Incisives de lapin (*Id.*)	9,30	p. 100.
Molaires de lapin (*Id.*)	7,80	—
Molaires de sanglier (*Id.*)	6,80	—
Défenses de sanglier (*Id.*)	4,20	—
Défenses d'hippopotame (*Id.*)	2,90	—
Molaires de cheval (*Id.*)	8,90	—
Incisives de cheval (*Id.*)	10,00	—
Incisives de bœuf (*Id.*)	8,00	—

	Os secs. p. 100.	Os frais. p. 100.
Substance saine près d'une masse calleuse de la côte d'un cheval (Valentin)	12,00	6,32
La masse calleuse (*Id.*)	14,41	7,36
Métatarsien de ce cheval (*Id.*)	13,76	9,05
Exostose du tarse de ce cheval (*Id.*)	14,32	8,17
Substance compacte du tibia d'un homme de trente-huit ans (*Id.*)	12,37	7,66
Substance médullaire du même (*Id.*)	13,19	7,76
Carie du tibia d'un homme de même âge (*Id.*)	15,04	6,63
Condyle externe gauche sain d'une fille de dix-huit ans (*Id.*)	11,24	5,03
Condyle externe droit carié de la même (*Id.*)	10,13	4,62
Tête du tibia droit sain de la même (*Id.*)	13,82	7,10
Tête du tibia gauche carié de la même (*Id.*)	10,45	5,68
Croûte sécrétée autour de ce tibia (*Id.*)	10,34	4,20
Vertèbre cariée d'un homme de vingt ans. (*Id.*)	16,83	7,60

Cendre des cartilages costaux d'un homme de vingt ans (Frommherz et Gugert)	18,37	
Cendre des os de porc (Boussingault)	3,40	
Os de vache (Parant)	5,07	
Urine de cheval (Boussingault)	10,82	p. 1000.
Urine de porc (*Id.*)	Traces.	
Tubercules crus de l'homme (Thénard)	Traces.	
Tubercules crétacés. Plus de	50,00	p. 100.
Tubercules pulmonaires de cheval (Lassaigne)	9,00	—
Tubercules du foie de cheval (*Id.*)	4,00	—
Mélanose du cheval (Foy)	3,75	—
Concrétions tonsillaires (Laugier)	12,50	—
Concrétion du nez (Geiger)	21,70	—
Concrétions pulmonaires (Sgarzi)	39,00	—
Calcul biliaire (O. Henry)	6,00	—
Muscle ossifié (Poggiale)	8,66	—
Musc du Thibet ou de Tunkin (Thiemann) (1)	0,04	—
Musc de Sibérie ou Kabardin (*Id.*)	0,02	—
Concrétion du rein d'un chat (Fourcroy) (2)	3,00	—
— du rein d'un cheval (*Id.*)	68,00	—
— — (Wurzer)	66,00	—
— — (Brandes) (3)	22,00	—
Concrétion salivaire du cheval (Wurzer)	80,50	—
— — (*Id.*)	87,50	—
— — (Lassaigne)	84,00	—
— — (Henry)	85,50	—
— de l'âne (Caventou)	91,60	—

(1) Thiemann, *Neues Berliner Jarbuch für die Pharmacie*, 1803, t. I, p. 100.

(2) Fourcroy, *Anal. comp. de diff. concrét. anim. et végétales* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 113).

(3) Brandes, *Philosoph. transact.*, 1808.

Tartre des dents humaines (Vauquelin et Laugier)		9,00	p. 100.
Matière d'un kyste sébacé de la peau		0,21	—
Calcul du sac et conduit lacrymal (1)		48,00	—
Calcul salivaire (2)		13,90	—
—	(3)	81,30	—
—	(3)	79,40	—
—	(3)	80,70	—
Cendres de l'urine de cheval...	(4)	12,50	—
— — ...	(4)	31,00	—
Dépôt spontané de ces urines..	(4)	80,90	—
— — ..	(4)	87,20	—
— — ..	(4)	87,50	—
Cendres de l'urine de bœuf....	(4)	1,06	—
Castoréum de Sibérie pur (5)		40,64	—
Calcul urétral de bœuf (6)		87,80	—
Calcul urinaire de bœuf (7)		62,00	—
Calcul urinaire de cheval (8)		73,61	—
Calcul urinaire de singe (9)		6,00	—
Calcul urinaire de porc (10)		44,50	—
Calcul urinaire d'homme (11)		3,55	—
Calcul salivaire humain.	(12)	4,90	—
— —	(12)	4,49	—
Calcul du canal de Sténon du cheval.	(13)	83,519	—
— — du bœuf..	(13)	83,197	—
— de Wirsung du bœuf.	(13)	91,650	—
Concrétion de l'aorte (14)		16,00	—.

(1) Bouchardat, *Ann. d'oculistique*, 1842.

(2) De Bibra, *Medicin. correspond. Blatt.*, etc., 1843.

(3) Wright dans Ekstein, *Bibliothek des Auslandes für die organisch-chemische Richtung der Heilkunde*, 1844, p. 57.

(4) De Bibra, *Sur l'urine de quelques herbivores* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1845, t. LIII, p. 97).

(5) Muller, *Examen d'un castoréum de Sibérie* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1846, t. X, p. 192).

(6) Lassaigne, *Anal. d'un calcul urétral de bœuf* (*Journ. de chim. méd.*, 1847, t. III, p. 10).

(7) Abbene, *Anal. d'un calcul de bœuf* (*Annuario di fisica e di chimia*, 1846, p. 225).

(8) Ohme, *Anal. d'un calcul urinaire de cheval* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCVIII, p. 287).

(9) Landerer, *Anal. d'un calcul de singe* (*Repertor. für die Pharm.*, 1847, t. XLV, p. 60).

(10) Bley et Diesel, *Anal. d'un calcul de porc* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCVIII, p. 283).

(11) Bley, *Calculs urinaires* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCIX, p. 257 et 271).

(12) Schultze, *Analyse de deux pierres salivaires de l'homme* (*J. für prakt. Chem.*, 1847, t. XXXIX, p. 29).

(13) Furstenberg, *Analyse de pierres saliv. de bœuf et de cheval* (*J. für prakt. Chem.*, 1837, t. XXXIX, p. 33).

(14) Landerer, *Analyse d'une concrét. de l'aorte* (*Repert. für die Pharm.*, 1847, t. XLV, p. 50).

Ostéosarcome (1)		0,67	p. 100.
Tumor sisticus de la ganache d'un cheval (2)		86,50	—
Concrétion de l'œil d'un aveugle (3)		8,40	—
Phlébolithe humain (4)		8,30	—
Calcul vésical de bœuf (5)		51,00	—
Occipital d'enfant craniotabique	(6)	5,51	—
Portion spongieuse du pariétal	(6)	1,76	—
— —	(6)	3,107	—
Occipital	(6)	6,40	—
Pariétal	(6)	5,74	—
Occipital d'enfant craniotabique guéri.	(6)	4,55	—

843. — *Forme*. Dans la plupart des tissus et des humeurs le carbonate de chaux est à l'état amorphe. C'est ainsi qu'il se présente dans les grains ovoïdes, formés de couches concentriques, qu'on observe souvent dans la pie-mère, surtout dans les *ponts* qui passent sur les grandes scissures et dans les filaments de tissu cellulaire qui tapissent leurs deux faces ; il a un aspect analogue dans le sable de la *glande pinéale* et des *plexus choroïdes* (*Acervulus cerebri et plexuum choroideorum*), dans les grains calcaires de diverses fausses membranes et tumeurs. Pourtant, dans les reins des enfants mort-nés, ce sel se présente en masses sphériques formées évidemment d'aiguilles groupées autour d'un centre (pl. III, fig. 2, *b b b*). Il se présente aussi avec le même aspect quelquefois dans la salive du cheval (7), et très souvent, sinon toujours, dans son urine prise dans la vessie. On sait, en effet, que chez ces animaux l'urine est neutre ou alcaline. Or, de cette neutralité ou de l'alcalinité de l'urine, il résulte que le carbonate de chaux

(1) Roux, *Analyse d'un ostéosarcome* (*Journ. de pharm. et de chim.*, 1847, t. II, p. 429).

(2) Brandes, *Ann. de pharmacie*, 1834, t. X, p. 229.

(3) Wurzer, *Concrétion dans l'œil humain* (*Journal für prakt. Chemie*, 1834, t. III, p. 38).

(4) Schlossberger, *Anal. d'un calcul veineux* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXIX, p. 255).

(5) Girardin, *Anal. d'un calcul trouvé dans la vessie d'un bœuf* (*Journ. de chim. méd.*, 1849, t. V, p. 312).

(6) Schlossberger, *Recherches chimiques sur le ramollissement du crâne d'enfants* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1839, t. LXX, p. 14).

(7) *Étude comparative de la salive parotidienne et de la salive mixte du cheval, sous le rapport de leur composit. chim. et de leur action sur les aliments*, par MM. Magendie, Rayer et Payen (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1845, t. XXI, p. 903).

se dépose sous forme de petites masses sphériques formées, comme les précédentes, d'aiguilles réunies autour d'un centre. De là l'aspect plus ou moins trouble que possède déjà dans la vessie l'urine des chevaux. Suivant la nature des aliments, l'aspect laiteux, blanchâtre, de l'urine de lapin, de lièvre et de cochon d'Inde est dû aussi à des grains de carbonate de chaux.

Cristaux de l'otoconie. Le carbonate de chaux présente le seul exemple qui existe d'un principe immédiat constituant à lui seul un organe dans l'économie (c'est-à-dire une partie du corps ayant un usage direct dans l'accomplissement d'une fonction, celle d'audition), formé directement par une seule espèce de parties élémentaires. Les exemples de ce genre sont plus fréquents parmi les éléments anatomiques proprement dits que parmi les principes immédiats, mais ils sont souvent moins nets. Il est à remarquer que l'une des conditions d'accomplissement de cet usage par un seul principe immédiat, c'est que chaque *individu* de ce principe ait une forme spécifique, comme les élements anatomiques ont la leur. Dans tous les mammifères, l'otoconie est formée seulement de carbonate de chaux présentant la forme rhomboédrique qui lui est propre (Voy. pl. II, fig. 2, et A, B, C.).

Les rhomboèdres du carbonate de chaux de l'otoconie ne sont pourtant pas des cristaux parfaitement réguliers. Ils présentent cette particularité assez fréquente dans les cristaux qui se forment dans l'organisme ou dans les liquides qu'on en retire, d'avoir les arêtes émoussées et courbes, les angles dièdres arrondis et plusieurs faces courbes (fig. 2, *a*). Ils sont un peu allongés et tendent à prendre la forme prismatique à six pans; seulement il est rare que leurs grandes faces soient conservées; elles sont ordinairement courbes surtout chez les jeunes sujets, et fondues les unes avec les autres par suite de l'émoussement des arêtes. Il en résulte que chaque cristal a un peu la forme d'un baril (pl. II, fig. 2). Les extrémités du cristal sont terminées par une pyramide qui devrait être à six faces si le cristal était régulier, mais sur laquelle on n'en voit que deux qui soient conservées;

les autres sont fondues insensiblement avec les faces courbes ou grandes faces du prisme (pl. II, B, et fig. 2, *a*). Les deux faces conservées à la pyramide de chaque extrémité sont opposées l'une à l'autre, et souvent un peu concaves (pl. II, A). Elles sont toujours limitées par des arêtes courbes elles-mêmes. Plusieurs de ces cristaux peuvent être tronqués, soit dans le sens de la longueur (pl. II, A), soit par une de leurs extrémités (pl. II, C), ce qui tient à la manière dont ils sont réunis les uns aux autres. Cette forme est la même à tous les âges. Le volume des cristaux de carbonate de l'otoconie varie entre $0^{mm},001$ (fig. 2, *i*) et $0^{mm},060$ (fig. 2, *a*) pour la longueur; la largeur ne dépasse guère 0,040. Elle n'est pas toujours la même chez tous les individus; tous, par exemple, ne présentent pas des cristaux ayant le volume le plus fort, indiqué plus haut.

Leur coloration est jaunâtre, d'un jaune d'ambre, pâle. Ils réfractent assez fortement la lumière et la polarisent. Comme tous les cristaux de carbonate de chaux colorés, ils laissent une légère trame de substance organique après dissolution par l'acide chlorhydrique. Ces cristaux sont réunis les uns aux autres latéralement, de manière à former une couche membraniforme dans le sac vestibulaire et les renflements des canaux demi-circulaires membraneux. Cette couche n'est formée ordinairement que d'une seule couche de cristaux. Elle s'étend souvent assez haut en remontant le parcours de ces conduits loin du renflement; ils adhèrent à la membrane. Nous en avons figuré un lambeau (pl. II, fig. 2, *b*). Les gros et les petits cristaux se trouvent réunis et mélangés sans présenter rien de spécial dans leur arrangement et leur distribution réciproque. Comme ils sont unis par simple contiguïté, ils se séparent les uns des autres avec grande facilité. Alors ils sont ou tout à fait libres, ou réunis les uns à la suite des autres par leurs extrémités (*c*). Dans ce cas, la face concave reçoit la partie convexe de la pyramide terminale. Ou bien ils sont réunis par leurs faces latérales (*d*). Enfin on en trouve qui sont disposés en croix (*e*). Ceux qui ont une partie

tronquée, par suite de leur mode de jonction avec quelque autre cristal (A, C, et fig. 2, *f*), ne se séparent que difficilement de celui auquel ils adhèrent. La couche n'est pas partout continue, c'est-à-dire que les cristaux ne se touchent pas partout, surtout quand on les examine loin du renflement du canal demi-circulaire membraneux. Là on voit soit des cristaux isolés, soit des groupes de trois, quatre, etc., cristaux se touchant, lesquels groupes sont plus ou moins rapprochés les uns des autres.

Cristaux de la salive parotidienne. Les humeurs qui dans l'acte de la digestion et celui de la reproduction remplissent quelque usage ne sont jamais ou presque jamais, au moment où elles agissent, le produit d'une seule glande. Elles sont toujours mixtes. C'est ainsi que la salive buccale des mammifères est formée par le mélange du produit versé par les glandes qui sécrètent deux espèces de liquides différents; c'est ainsi que le suc pancréatique et la bile n'agissent en général que mélangées ensemble, et, de plus, au produit des glandes de la muqueuse intestinale; c'est encore ainsi que le sperme, entre le moment où il sort du testicule jusqu'à l'instant de l'éjaculation, a été additionné du produit de trois glandes. Il faut joindre encore à tout cela le mucus que sécrètent les muqueuses dépourvues de glandes que parcourent ces liquides. Quand ces différents liquides sont mélangés, ils ne laissent précipiter aucun de leurs principes immédiats. Mais il résulte de l'admirable série de recherches de notre collègue et ami Cl. Bernard, que chacun de ces liquides, pris isolément, laisse déposer des cristaux. Le suc pancréatique pur, abandonné à lui-même, donne, au bout de quelques heures, un dépôt cristallin de lactate de chaux; la salive parotidienne, fait observé déjà depuis longtemps chez le cheval, laisse déposer presque aussitôt après son issue du carbonate de chaux cristallisé. Le liquide prostatique, qui séjourne habituellement dans les conduits qui le sécrètent, y laisse déposer des sels calcaires mélangés de matières azotées, et il n'est presque pas de sujet adulte chez lequel on ne trouve de petits

calculs microscopiques d'une conformation très curieuse dans les culs-de-sac de cette glande.

Voici la description des cristaux de carbonate de chaux tels que les laisse déposer la salive parotidienne du chien. C'est M. Cl. Bernard qui a recueilli ce liquide dans ses expériences sur la digestion. Les formes des cristaux déposés sont des plus variées, et pourtant toutes conservent quelques caractères dans la disposition des faces et des arêtes qui les rattachent au type du rhomboèdre.

Quelques uns de ces cristaux sont des rhomboèdres réguliers, mais toujours un peu aplatis (pl. IV, *a a*). Il en est qui sont allongés en prismes à quatre pans à base rhombe (*b*). Quelques uns ont la forme décrite plus haut à propos des cristaux de l'otoconie (*c*), ou bien ils ont la forme de prismes à six pans terminés ou non par une pyramide, qui quelquefois n'existe qu'à une des extrémité du solide (*d*). Il est de ces cristaux qui conservent encore la forme rhomboïdale assez régulière, mais qui sont tellement aplatis, que ce sont des lamelles plutôt que des prismes (*e e e*). Parmi les formes régulières, nous signalerons des pyramides à base rhombe (*f*), quelquefois assez allongées pour former de véritables aiguilles cristallines. Enfin nous indiquerons, en terminant, des solides simulant deux pyramides à quatre pans à base rhombe, adossées base à base, à sommet souvent tronqué et dont l'un se prolonge un peu en prisme (*g g*). Tous ces solides réguliers sont ordinairement les moins nombreux au milieu de toutes les configurations bizarres et souvent fort singulières que nous allons décrire bientôt, lesquelles sont à peu près toutes en égal nombre.

Le volume de ces formes régulières varie entre $0^{mm},010$ et $0^{mm},100$, pour la longueur, sur une largeur et épaisseur moitié moindre. Ils sont ordinairement teintés en jaune d'ambre. Presque tous sont parsemés de fines ponctuations ou de petites granulations moléculaires, tant à la surface que dans l'épaisseur. Les arêtes de jonction de ceux qui sont formés de deux pyramides adossées ne sont pas toujours régulières,

c'est souvent un trait irrégulier, tremblé (*g*). Les premières déformations à signaler sont des prismes rhomboédriques aplatis dont les petites faces sont taillées obliquement (*i*) ou remplacées par un biseau (*k*), et se joignent aux grandes par une arête mousse et courbe le plus souvent. Une des extrémités du rhombe est tronquée (*i*) ou prolongée (*k*). Ces solides sont également teintés de jaune et parsemés de granulations. D'autres solides analogues, mais en général plus gros, présentent le même genre de déformations, la même couleur, les mêmes granulations, mais toutes ou presque toutes leurs arêtes sont tremblées, dentelées; les grandes faces arrondies et les petites faces, quelquefois excavées, se joignent aux grandes par une arête courbe, déchiquetée elle-même le plus souvent; quelquefois elle est très pâle, délimitant à peine la jonction de deux surfaces différentes (*l*, *m*, *n*, *o*). Il est des cristaux de même forme, mais bien plus gros, pouvant avoir jusqu'à près de 1/2 millimètre de long; ils ont leurs grandes faces habituellement couvertes de lamelles étroites et allongées, imbriquées les unes sur les autres, et faisant plus ou moins saillie à la surface du solide. Leurs extrémités sont coupées obliquement ou perpendiculairement à leurs grandes arêtes (*p*, *q*). Il en est de même forme et de même volume chez lesquels les petites faces se confondent avec les grandes, et ne sont plus limitées même par une arête courbe; elles ne sont indiquées que par la disposition de l'ombre. Tous ces cristaux sont plus larges qu'épais; le contour de ces derniers est habituellement hérissé de petites lamelles cristallines plus ou moins nettement rhomboïdales (*r*). Les plus petits des cristaux, qui sont recouverts de lamelles imbriquées décrites ci-dessus, sont quelquefois entrecroisés au nombre de trois ou quatre de manière à former un groupe stelliforme (*s*); ou bien ils sont réunis bout à bout et par leurs côtés de manière à former des amas de dispositions variables, qui ont quelquefois une longueur fort considérable (*t*). On trouve un assez grand nombre de solides dans lesquels la forme rhomboïdale n'est plus ou presque plus reconnaissable, dont la surface et les extrémités

sont chargées de ces lamelles allongées imbriquées et soudées ensemble (*u*, *v*,). Tous ces solides ont ordinairement leur surface couverte de granulations moléculaires, souvent assez grosses et nombreuses, ainsi que de stries irrégulières et courtes. Parmi les groupements divers qui se rencontrent dans le carbonate de chaux de la salive parotidienne, il faut signaler des amas coniques de petites aiguilles, à bords foncés et d'un jaune plus intense que les autres cristaux (*x*). Ces amas sont assez nombreux ; ils sont quelquefois réunis deux ou trois les uns à côté des autres, ou à la suite les uns des autres (*y y*), et peuvent être recourbés sur eux-mêmes. Quelques uns de ces groupes de petites aiguilles ont la forme d'une pyramide à base arrondie ; comme s'ils provenaient de la rupture d'une sphère formée par ces aiguilles accumulées (*j*). On trouve de ces groupes jaunes parmi les cristaux de l'urine de lapin.

Des cristaux rhomboédriques aplatis peuvent se disposer en rosaces ou en plaques rotacées (pl. IV, A) autour d'un point central, en se soudant par leurs bords. Ces plaques ont 1 à 3 dixièmes de millimètre de diamètre ; leur coloration est d'un jaune d'ambre pâle, excepté vers le centre, où le petit point médian et la portion qui l'entoure présentent une couleur jaune plus foncée. Autour du petit noyau central, se voient des lignes jaunes, régulières, qui s'irradient de ce point jusqu'à la périphérie, où elles se terminent au fond des angles rentrants que forment les cristaux soudés ensemble. Ces lignes sont la trace de soudure de ces cristaux. Les portions saillantes à la périphérie de la plaque sont formées par l'angle aigu des rhomboèdres soudés ensemble. Cet angle n'est bien conservé que dans les plaques épaisses ; il est habituellement arrondi ou limité par des arêtes courbes du côté le plus mince des plaques. Celles-ci sont toujours parsemées de fines granulations moléculaires, et présentent quelquefois des stries longitudinales très déliées.

On trouve d'autres lames ou plaques circulaires ou ovales, isolées (pl. V, *g*, *k*) ou réunies ensemble (pl. V, *f*) au nombre

de deux, trois, quatre, etc. Le contour de ces lames circulaires présente ordinairement des saillies arrondies (*f*, *g*, *h*, *n*) qui représentent assez les angles de la figure décrite précédemment (pl. IV, A), qu'on aurait émoussés. D'autres fois ce contour est assez régulier, net et assez foncé, noirâtre (*i*, *e*, *k*, *p*, *q*), tout à fait nu (*i*) ou bordé d'une sorte de collerette formée de petites dents aiguës saillantes au dehors du contour net qui délimite, à proprement parler, la plaque (*e*, *q*). Celles de ces plaques qui sont réunies les unes aux autres prennent naturellement des formes variées, par suite de leur pression réciproque latérale (*f*, *r*). Il n'y en a quelquefois qu'une seule qui soit déformée par quelque autre qui s'y implante sans que sa forme soit modifiée (*h*). Il est, du reste, de ces plaques qui, même isolées, ont des formes variables plus ou moins irrégulières. Quelques unes sont étranglées vers le milieu (*l*, *m*) ou même sont comme complétement coupées en deux, et ne représentent qu'une demi-plaque (*o*). D'autres fois la plaque est comme incomplétement formée d'un côté, ce qui lui enlève sa forme circulaire (*j*). Enfin, il en est dans lesquelles on n'aperçoit pas de point central, et qui sont diversement contournées et configurées, comme pourrait l'être une goutte de quelque liquide visqueux (*s*, *t*).

Les dimensions de toutes ces plaques, quelle qu'en soit la forme, peuvent varier beaucoup. La largeur oscille entre 0mm,020 (*p*, *t*, *n*, *m*, *q*) et 0mm,200 (*f*, *e*, *g*, *h*, *l*). Elles sont toujours très minces, leur épaisseur ne dépasse guère 0mm,003 à 0mm,007. Elles sont toutes légèrement teintées de jaune.

Leur structure est assez régulièrement la même. A l'exception de celles qui ont la forme contournée (*s*, *t*), toutes ont un point central de 0mm,002 à 0mm,010, formé par une ou plusieurs granulations irrégulières plus foncées que le reste de la plaque (*f*, *g*, *h*, *p*, *n*). Ce point central est quelquefois remplacé par un amas de granulations plus ou moins considérable, à bords peu nettement limités (*e*, *k*). Du centre partent des lignes très fines, déliées, très nettes, droites, qui se rendent directement à la périphérie en partant du centre,

et aboutissent au fond de l'angle rentrant quand le contour de la plaque présente des saillies arrondies (*f*, *g*, *h*). Ce contour présente en outre toujours un liséré de 0^{mm},003 à 0^{mm},010 de largeur, à bords dentelés du côté du centre, et un peu plus épais que le reste de la plaque. Ce liséré se prolonge plus ou moins loin vers le point central, le long des lignes ou rayons déliés décrits plus haut; il n'atteint jamais tout à fait jusqu'au centre. Sa teinte jaune, ainsi que celle des lignes irradiées, est toujours plus foncée que celle du reste de la plaque. Il est quelques cas cependant où ce liséré est régulier, c'est-à-dire non dentelé ou tremblé en dedans; il est alors très étroit et à peine coloré (*g*, *i*, *k*, *m*, *s*). Il peut même manquer presque tout à fait, mais très rarement (*e*). Autour du centre existent quelquefois une ou deux lignes concentriques à la circonférence, mais toujours finement dentelées, comme tremblées (*i*, *j*). Toutes ces plaques sont parsemées de fines granulations moléculaires, plus foncées que le reste de la plaque.

Ces granulations sont bien plus abondantes dans les plaques dont le centre est occupé par un amas mal limité de ces granules (*e*, *k*, *i*) que dans les autres. Là aussi les lignes irradiées sont plus fines, moins évidentes (*i*, *k*), et ne sont pas accompagnées par le liséré; elles peuvent même manquer tout à fait (*e*). Enfin entre ces lignes, là surtout où elles sont très évidentes, se voient de fines et délicates stries (*f*, *h*), et les intervalles de ces rayons sont comme cannelés (pl. IV, A; pl. V, *f*).

Outre ces formes, on trouve un assez grand nombre de sphères de carbonate de chaux isolées ou groupées, et variant de volume entre 0^{mm},008 et 0^{mm},080. Les unes sont tout à fait homogènes et en général d'une couleur jaune plus foncée que les autres (*a*). Beaucoup présentent, à partir du centre, qui est granuleux ou non, des lignes ou stries qui vont en s'irradiant et décrivent une légère courbe à partir de ce point (*y*, *b*, *b*, *c*, *d*). Ces sphères-là sont généralement groupées de diverses manières et se soudent plus ou moins complétement, de manière à laisser voir leur circonférence (*b*, *b*, *d*, *g*), ou bien

elles sont réellement confondues ensemble (*c*). Quelques uns de ces amas ont une teinte d'un blanc jaunâtre, plutôt que jaune d'ambre. Quelquefois, mais rarement, il existe autour des sphères une petite collerette dentelée (*x*). Elles offrent souvent des excavations qui, lorsqu'elles ont lieu par deux pôles opposés à la fois, les transforment en quelque sorte en plaques minces, analogues aux précédentes. Il n'est pas rare de trouver les divers degrés de ces excavations, jusqu'à réduction en plaque sur le même amas (*u u*). D'autres fois l'excavation se fait du même côté; la sphère est comme rongée et échancrée de ce côté-là (*v v*), dont le pourtour est dentelé. Le centre des sphères excavées est toujours occupé par un petit amas de granulations, à partir duquel s'irradient de fines stries droites (*u*) ou courbes (*v v*). Ce point central granuleux et la partie voisine ont ordinairement une teinte jaune plus foncée que le reste de la sphère.

Il y a fort peu de ces solides cristallins qui aient la forme en sablier (*r*), si commune ordinairement dans les carbonates. Au pourtour des plaques décrites plus haut, adhèrent quelquefois de ces solides-là (*h*), ou des sphères analogues à celles que nous venons de décrire (*i*).

Cristaux de carbonate de chaux dans l'urine du lapin et du lièvre. L'urine du lapin est rendue tantôt transparente ou opalescente, et par le refroidissement devient blanche; ce sont alors des cristaux de phosphate de magnésie qui lui donnent cette couleur : ils seront décrits plus loin. Tantôt l'urine rendue est lactescente : c'est alors du carbonate de chaux qui lui donne cette teinte. Les cristaux se déposent rapidement au fond du vase, et l'urine qui surnage est incolore, transparente. Lorsqu'on tue l'animal sans lui faire éprouver de secousses brusques, on trouve souvent les cristaux déposés déjà dans la vessie, et l'urine est claire. C'est surtout lorsque ces animaux se sont nourris presque exclusivement de plantes herbacées que leurs urines donnent du carbonate de chaux; aussi l'urine du lièvre est-elle plus constamment lactescente que celle du lapin domestique. Celui-ci, lorsqu'il est nourri de son ou de

grains, donne une urine qui contient du phosphate de magnésie plutôt que des carbonates.

Les formes des cristaux de carbonate de chaux sont très variées. On trouve toujours quelques rhomboèdres parfaits : ce sont les formes les plus rares (pl. XIII, fig. 3, *f f*); mais on en trouve de nombreuses modifications très curieuses, représentées par des cristaux dont les faces et les arêtes se sont incomplétement formées, tandis que le sel s'est déposé de telle sorte qu'il semble accumulé autour des diagonales fictives qui joindraient les angles du solide régulier (fig. 3, *a*). Cette formation incomplète des cristaux, qui ressemble à une excavation des faces et des arêtes en respectant les diagonales fictives, peut être plus ou moins marquée; on en voit les différents degrés en suivant les formes *f*, *k*, *l*, *m*, *a*, *a*. Leur aspect varie selon que l'on a dirigé directement ou obliquement du côté de l'œil l'une des faces ou l'un des angles du rhomboèdre complétement ou incomplétement formé (*f*, *g*, *a*, *k*, *l*, *m*, *n*). De plus, il faut savoir que les deux angles diédres sommets ou réguliers, joints l'un à l'autre par l'axe principal du rhomboèdre, sont presque toujours nettement formés (*a a*); les trois arêtes qui le limitent sont régulières dans une étendue plus ou moins grande. Les six angles irréguliers sont représentés seulement par la pointe des prolongements de carbonate de chaux accumulés autour des diagonales fictives qui les joignent. Ces prolongements sont cylindroïdes, terminés en pointe mousse, striés en travers, et présentent sur le milieu de chacune de leurs faces une ligne saillante longitudinale; celle de ces lignes qui est tournée du côté de l'angle régulier correspondant est plus nette que les autres, et forme quelquefois une arête bien conservée se continuant avec celles qui limitent cet angle. Quand ces solides sont disposés de telle sorte que l'angle sommet dont nous venons de parler est dirigé vers l'observateur, comme le cristal régulier *f*, ils ressemblent à une étoile à six branches (*a a*) qui reformerait un rhomboèdre, si l'on vient à joindre le sommet des branches par un trait. Si, au contraire, c'est une des faces qu'on aper-

çoit, on a sous les yeux une étoile à quatre branches excavée vers son centre (*m*).

On trouve, de plus, une assez grande quantité de prismes à base rhombe, plus ou moins allongés et à faces quelquefois arrondies, à angles mousses, comme les cristaux de carbonate de chaux de l'otoconie (*b b*). Au milieu de ces prismes, il en est, parmi les plus allongés, qui sont étranglés vers le milieu de leur longueur (*c*); et pourtant quelques unes des arêtes sont conservées, les extrémités qui sont restées renflées conservent surtout, assez souvent, l'aspect rhomboïdal, malgré leur tendance très évidente à s'arrondir. Ces cristaux, en un mot, quoique conservant encore quelques uns des caractères du prisme, ont déjà la forme générale des cristaux *en sablier* les plus allongés (*d d*); ces derniers sont très nombreux, et sont réellement une déformation des prismes précédents (*b*, *b*, *c*). Les rhomboèdres réguliers (*f*) présentent un mode de déformation analogue. En examinant les divers cristaux ainsi déformés, on voit qu'évidemment les sphères de carbonate de chaux sont non pas des prismes à base rhombe mal formés, mais que ce sont des rhomboèdres dont les angles manquent. Il y en a, en effet (*g*), dont la forme type est encore très reconnaissable, mais les angles et les arêtes sont mousses; d'autres laissent à peine voir leurs faces ou ont leur périphérie octogone ou dodécagone, selon leur situation (*h*); enfin beaucoup ont tout à fait la forme sphérique (*i*, *j*).

Parmi ceux qui ont la forme sphérique, il en est beaucoup qui présentent un ou deux points centraux, soit brillants, soit noirs, entourés le plus souvent d'une ou deux fines lignes concentriques (*n*, *p*). Il y en a qui sont réunies et pressées l'une contre l'autre (*q*). De ces sphères, plusieurs sont ordinairement étranglées vers le milieu (*o*), et entre ce faible étranglement et la forme en sablier court, à tête arrondie et volumineuse (*e*), on trouve tous les degrés intermédiaires. Ces formes *en sablier* court (*e*) dérivent évidemment du rhomboèdre *f*, en passant par les termes intermédiaires *g*, *h*, *i*, *n*, *o*, *e*, comme les sabliers allongés (*d*) dérivent des prismes à base

rhombe *b*, en passant par les formes *c* et *d*. Tous les cristaux dont nous venons de parler, surtout ceux en sablier, sont les plus nombreux, et peuvent présenter diverses particularités secondaires, quant à leur réunion 2 à 2 en croix (*r*), ou latéralement (*s*). Les prismes allongés (*b*, *c*), les sphères et les cristaux *en sablier* ont tous une teinte jaune d'ambre plus ou moins foncée.

Outre les formes que nous venons de décrire, on trouve beaucoup d'autres cristaux *en sablier*, de tout volume (pl. XV, fig. 4, *a*, *b*, *c*), d'un jaune d'ambre, dont quelques uns sont à peine étranglés vers le milieu (*c*); les plus gros (*b*) ont leurs têtes comme ridées de chaque côté de l'étranglement. On trouve également des cristaux sphériques présentant un point central foncé ou plus clair, entouré d'un ou deux cercles pâles. Il y a quelquefois deux ou trois de ces sphères réunies ensemble, présentant une ligne plus ou moins pâle et nette au point de réunion (*d*). D'autres sphères plus petites, également jaunâtres, sont souvent réunies quatre ensemble, et un peu aplaties au point de contact (*e*). Ce sont d'autres fois des prismes, devenus arrondis aux extrémités et cylindriques dans le sens de la longueur, qui se réunissent de la sorte (*f*).

De tous ces cristaux-là de l'urine de lapin, les plus nombreux sont ceux qui ont pris la forme sphéroïdale mamelonnée. Ils sont les uns très petits (*h*), d'autres sont déjà visibles à l'œil nu (*l*, *g*). Ces cristaux sont de la manière la plus évidente formés d'une accumulation de petites sphères, d'où leur aspect mamelonné. Ces petites sphères sont elles-mêmes ou lisses (*m*), ou grenues, irrégulières à leur surface (*k*, *l*). Celles-ci ont une coloration jaune pâle très évidente, les autres sont incolores ou à peine colorées. Beaucoup de ces masses sphéroïdales à gros mamelons peuvent être reconnues comme dérivant du rhomboèdre, car leur circonférence est encore assez nettement un hexagone régulier (*k*, *i*, *l*). Celles qui sont formées de très petites sphères ou mamelons sont tout à fait sphériques et incolores (*g*). Enfin les plus gros amas, qui sont aussi les plus rares, sont constitués généralement par des prismes déformés

comme ceux de l'otoconie, et groupés ensemble, de manière à former des amas de conformation souvent très bizarres (*n*).

Ces cristaux, traités par l'acide chlorhydrique, se dissolvent avec dégagement de gaz et laissent déposer de l'acide hippurique (pl. XLIII), quelquefois en assez forte proportion. Ce fait montre que beaucoup d'entre eux sont formés d'un mélange de carbonate de chaux et d'un hippurate, de la même base probablement.

Il est un autre fait très important à noter, parce qu'il est commun à la plupart des sels de chaux, à la plupart des phosphates, même à base de soude, ainsi qu'au sel marin, mais à un degré moindre. Ce fait est le suivant : c'est que ces cristaux, en se déposant dans des liquides qui contiennent même assez peu de *substances organiques* non cristallisables, en entraînent avec eux au moment de la cristallisation et se fixent à elles. On voit, en effet, toujours ces cristaux-là laisser, après l'action de l'acide chlorhydrique, une sorte de trame homogène, très transparente, de substance organique, qui conserve la forme du cristal attaqué (pl. XIII, fig. 3, *v*, *x*, *y*); en sorte que le solide cristallin est plus volumineux que la masse réelle du sel qui entre dans sa composition; sel auquel ce solide doit pourtant sa forme. On peut suivre la marche graduelle de l'action de l'acide sur les cristaux qui ont cette trame; car ils sont moins rapidement attaqués que les autres. La trame des cristaux qui sont sphériques ou qui dérivent de la sphère laisse voir habituellement vers son centre une petite granulation ronde ou ovale (*x*, *y*), sorte de noyau central, et autour de lui sont des lignes concentriques (*x*), ou bien le centre est seulement parsemé de fines granulations (*v*, *y*). Des lignes ou stries concentriques se voient aussi sur la trame de la plupart des formes en sablier. Il est à remarquer que les cristaux qui laissent cette trame après eux sont ceux-là seuls qui sont colorés, et tous ceux qui sont colorés laissent cette trame. Ce sont aussi habituellement ceux dont la forme s'écarte le plus du type.

Ainsi, toutes les fois qu'en se déposant, le carbonate de chaux

se trouve en présence de substances organiques, il en entraîne une certaine quantité, se fixe à elles, et les cristaux qui se forment sont colorés. Nous avons déjà signalé un fait analogue pour les cristaux du carbonate de chaux dans la salive. La teinte jaune des cristaux est d'autant plus foncée qu'ils ont entraîné plus de substance organique et que le liquide est plus coloré. S'il tient surtout quelque matière colorante spéciale en suspension ou en dissolution, comme celle du sang, elle est entraînée ; il se forme là une sorte de laque, comme il se forme une sorte de combinaison entre les sels de chaux ou les phosphates, etc., quand ils se déposent en présence des substances organiques. Que le liquide soit coloré, ou à peu près incolore, comme la salive, par exemple, les cristaux sont toujours colorés dès l'instant où le sel en cristallisant a entraîné de la substance organique à laquelle il se fixe, et qui, à son tour, vient influer sur la forme qu'affectent les solides et les fait s'écarter de la forme type.

Cristaux dans l'urine de cheval. Les masses cristallines du carbonate de chaux que l'on rencontre ainsi dans l'urine encore contenue dans l'économie sont, chez le cheval, généralement sphériques ou plus ou moins allongées (pl. III, fig. 2, *d*). Quelquefois elles sont groupées l'une contre l'autre, de manière que leurs contours externes sont seuls arrondis et le reste de la périphérie est plus ou moins polyédrique (fig. 2, *e*). Le centre de chaque masse est généralement brillant, et le contour en est foncé, quand ces corps sont au point de vision nette. Souvent ce centre présente un petit point noir foncé, d'autres fois il est clair et transparent. Autour de ce point central se voient sur quelques uns des lignes foncées concentriques, élégamment disposées (*f*, *f*). Il est des cristaux sur lesquels un sillon méridien semble partager une sphère en deux moitiés (*g*). La surface de ces corps, qui est généralement lisse, est sur quelques uns irrégulière, grenue, ou comme hérissée de petites saillies disposées en angles obtus (*h*, *h*). Quelquefois ces masses sont peu colorées (*a*), ou bien elles ont une teinte jaunâtre foncée, tirant sur le noir,

surtout dans les masses trop petites pour que le centre brillant ait une étendue un peu considérable. Toutes ces masses cristallines polarisent la lumière et la colorent. Sur beaucoup d'entre elles, ainsi que nous l'avons dit, on peut observer facilement leur structure en aiguilles s'irradiant autour d'un centre (*i*, *c*), sur d'autres il faut faire agir d'abord un acide très faible (*k*). Enfin quelques cristaux ont la configuration *en sablier* (*d*, *d*), mais elle n'est pas commune dans les carbonates de l'urine du cheval. Quelques cristaux sont piriformes; ils sont alors généralement disposés en croix au nombre de quatre, ayant tous leur extrémité aiguë tournée vers un même point central.

On trouve encore le carbonate de chaux à l'état cristallin, sans même qu'il y ait lésion apparente, dans les valvules mitrales et tricuspide. On rencontre, en effet, sur leurs parois internes et externes, de petits cristaux de carbonate calcaire déposés au milieu de substance organique amorphe. Ces cristaux sont ordinairement très petits; leur forme cristalline n'est jamais un rhomboèdre pur, mais un prisme dérivant du rhomboèdre.

Dans les dépôts calcaires qui constituent les productions morbides dont nous avons parlé, ou qui les accompagnent, le carbonate se montre ordinairement en fragments amorphes sous le microscope; ou bien en cristaux imparfaitement formés ou mieux en masses cristalloïdes irrégulières.

844. — On n'a pas signalé la présence de ce sel dans l'ovule, en sorte qu'il n'existe pas pendant toute la *durée* de la vie; mais on ne sait pas précisément à quelle époque il commence à apparaître dans l'organisme.

845. — Ce sel est probablement à l'état solide dans les os, les dents, les cartilages. Il l'est certainement dans les concrétions artérielles, musculaires et autres, ainsi qu'on peut s'en assurer en traitant par des acides des fragments de ce corps sous le microscope.

Dans le sang, il est liquide certainement, mais non pas par dissolution directe, ce sel étant, comme on sait, fort peu soluble

dans l'eau. Nous avons vu, en effet, que les solutions de certains sels ont la propriété d'en dissoudre d'autres qui seraient insolubles dans l'eau pure. Or, on sait, d'après les expériences de Guyton de Morveau, que le chlorure de potassium a la propriété de dissoudre une petite quantité de carbonate de chaux. Il en est probablement ainsi d'autres sels alcalins encore. On sait de plus qu'un liquide, chargé d'acide carbonique, peut tenir en dissolution un peu de carbonate calcaire. Il n'y aurait donc rien d'étonnant, si l'on venait à constater que l'acide carbonique du sang favorise la dissolution de la petite quantité de carbonate de chaux qui se trouve dans cette humeur. Le sucre dissout le carbonate calcique ; peut-être y a-t-il aussi quelques substances animales douées de la même propriété. Outre le carbonate qui se précipite dans les urines des herbivores, il y en a un peu en dissolution à l'aide de l'excès d'acide carbonique contenu dans ce produit. Brugnatelli a trouvé le carbonate de chaux des concrétions soit de couleur blanche ou jaunâtre, jaune sale, quelquefois grisâtre, tantôt ayant une structure homogène ou lamelleuse, quelquefois ayant une cassure spathique (1).

846. — Le carbonate calcaire conserve dans l'économie les propriétés chimiques que nous lui connaissons. Elles ne sont pas masquées par les autres principes auxquels il est uni, ainsi que le montre l'emploi des réactifs acides qui en chassent aussitôt le gaz carbonique. Il reste alors seulement la trame de substance organique à laquelle ce principe était fixé. La nature de cette trame s'oppose pour ce principe, comme pour la plupart des autres, à ce qu'on puisse constater sur lui l'action chimique des agents physiques d'une manière aussi nette que s'il était isolé.

D'après ce que nous avons dit sur l'état de dissolution indirecte du carbonate de chaux dans quelques humeurs, on peut soupçonner la nature des autres principes avec lesquels il est combiné pour former la substance de ces liquides. La

(1) BRUGNATELLI, *Litologia umana*. Pavie, 1819, in-folio.

même remarque s'applique aussi aux solides, tels que les os et les cartilages, dans lesquels ce sel est sans doute uni au phosphate de chaux, d'abord avant d'être combiné avec lui à la trame organique pour former la substance organisée fondamentale de l'os et du cartilage.

Dans les diverses productions morbides, à la formation desquelles ce principe concourt, il n'est également jamais seul. Il est toujours uni à du phosphate de chaux et souvent à quelques sels alcalins existant en moindre quantité. Ces différents principes salins sont ensuite généralement combinés à une trame organique. Cette trame néanmoins manque complétement ou à peu près dans les calculs urinaires de carbonate de chaux de divers mammifères ; elle est très peu abondante et manque même dans quelques concrétions pulmonaires, ou des glandes sébacées. Elle est plus ou moins abondante dans les artères, les muscles, les fausses membranes, les tumeurs fibreuses, dites ossifiées. Cette trame organique, qui était certainement fibreuse avant la formation calcaire, sauf pour quelques dépôts dans les artères, est remplacée pendant le dépôt par une trame organique homogène, qui se substitue à la précédente. L'un de nous (Ch. Robin) a en effet constaté que cette trame est simplement striée, fibroïde, et ne présente plus les caractères des fibres qui primitivement occupaient la même place, non plus que leurs réactions chimiques. Ainsi la formation des concrétions carbonatées et phosphatées n'est pas une simple précipitation, un simple dépôt sans changement de ce qui existait d'abord à la place où on les trouve ; mais c'est le résultat de phénomènes de nutrition, c'est-à-dire de combinaison et de décombinaison, qui ont pour résultat la *substitution* d'un tissu à peu près homogène, principalement formé de sels calcaires et accessoirement de *substances organiques*, à un autre tissu formé de fibres, etc. Ainsi il n'y a pas simplement addition d'une chose qui n'existait pas à une autre existant préalablement ; le phénomène est moins mécanique, moins chimique que cela ; il est beaucoup plus organique, car il y a remplacement des élé-

ments du tissu qui existait par une substance organisée, formée de différents sels et de matière organique.

Dans la substance des calculs, on l'a trouvé uni soit à de l'urate de chaux, de l'urate d'ammoniaque, à du phosphate basique, et quelquefois à de l'oxalate calcaire.

847. — Les caractères d'ordre organique du carbonate de chaux, c'est-à-dire les caractères qu'il ne présente nulle part ailleurs que dans les corps vivants, et qui diffèrent de ses caractères d'ordres physique et chimique, ne sont pas partout également tranchés. D'abord, dans l'urine des herbivores, il se dépose à l'état cristallin, caractères nullement organiques. Mais les caractères que présente le carbonate de chaux dans les corps organisés exclusivement, c'est ce mode d'union complexe avec différents sels et avec la substance homogène d'origine organique, formant la trame des tissus qu'il concourt à constituer. Moins tranchés pour ce principe que pour beaucoup d'autres, ces caractères ne doivent pas moins être signalés. Ils doivent l'être précisément parce que, dans certains corps d'origine minérale, ce sel, plus que beaucoup d'autres, se trouve uni à diverses substances aussi. Mais cette combinaison diffère déjà tellement sous le rapport de la complication de ce qu'on observe dans les corps vivants, que cet exemple tend à faire bien sentir la différence qu'il y a entre les caractères inorganiques des principes immédiats et leurs caractères organiques ; c'est-à-dire qu'elle fait sentir la différence qu'il y a entre ces caractères qu'ils n'offrent que dans les corps organisés, qu'ils n'offrent qu'autant qu'ils font partie d'un corps vivant, et ceux de différents ordres qu'ils présentent lorsqu'ils sont pris isolément, comme parties du règne inorganique.

848. — Le carbonate de chaux qui se trouve dans l'économie animale provient de deux sources : 1° Il en pénètre qui est en dissolution dans l'eau potable, laquelle en dissout un peu à l'aide de l'acide carbonique dont elle renferme toujours une petite quantité. Les aliments solides en introduisent aussi de tout formé, qui peut être dissous par le suc gastrique sans

être décomposé en totalité par l'acide lactique, ainsi que par les sels alcalins de ce liquide et du liquide intestinal. 2° Du carbonate de chaux qui existe dans l'économie ; une partie, surtout chez les herbivores, se forme par décomposition des sels de chaux à acides d'origine végétale, comme les tartrates, malates, etc., qui, introduits sous forme d'aliments, sont rejetés sous forme de carbonate par les urines, ayant ainsi abandonné leur hydrogène en totalité et une partie de leur carbone. On ne sait pas encore à quelles espèces de principes ces corps cèdent les éléments ci-dessus ; on ne sait pas non plus précisément le lieu où l'acte s'accomplit, c'est-à-dire quelles sont dans l'organisme les conditions de son accomplissement. On a admis, mais sans preuve pouvant apporter conviction, que cet hydrogène et ce carbone se combinaient à l'oxygène introduit par le poumon, qu'ils étaient brûlés par l'acte respiratoire. Il se peut, du reste, qu'il y en ait de formé par double décomposition de carbonates alcalins et d'autres sels de chaux.

Il est possible, bien que seulement hypothétique, que ce soit l'inverse, et qu'une partie de celui qui est ingéré par l'homme et pénètre dans le sang s'échappe sous forme de phosphate, par les urines principalement. On sait, en effet, qu'une dissolution de carbonate de chaux dans l'eau chargée d'acide carbonique et étendue d'assez d'eau de puits pour que les carbonates de potasse ou de soude n'y produisent plus de précipité donne immédiatement un trouble persistant de carbonate de chaux, par addition de la plus petite quantité de phosphate de soude (1).

On ne trouve pas de carbonate de chaux dans les urines de l'homme à l'état normal, tandis qu'il y en a normalement dans les tissus ; il faut donc que la chaux de ce sel s'échappe sous une autre forme que celle de carbonate. On ne saurait admettre que la très petite quantité entraînée par les matières sébacées suffise pour faire disparaître celui que contiennent les tissus et le sang. L'acide pneumique, qui chasse des car-

(1) LIEBIG, *loc. cit.*, 1852, p. 177-178.

bonates alcalins du sang dans le poumon leur acide carbonique, décompose peut-être en même temps un peu de carbonate de chaux; mais ce n'est là qu'une hypothèse. Du reste, il faut être prévenu que l'on ne peut pas considérer comme existant dans l'économie tout le carbonate de chaux qu'on obtient par l'analyse chimique des tissus et des humeurs. La calcination, qui est le procédé habituellement employé pour l'extraction des sels, doit, en effet, déterminer la transformation en carbonate de tous les sels de chaux qui ont pour acide un corps combustible, comme l'acide lactique. Ainsi, quoique rien ne porte à regarder comme non réelle l'existence d'une certaine quantité de carbonate de chaux dans quelques tissus et humeurs où les chimistes l'ont indiquée, sa présence n'a été encore positivement démontrée par l'analyse anatomique que dans l'otoconie, les os et l'urine des herbivores.

Ce n'est par conséquent encore que chez ces animaux que l'on peut être bien certain que c'est par ce liquide que se trouve entraîné le carbonate de chaux du corps. Jusqu'à plus ample informé, il serait donc inutile de trop s'étendre sur le mode et le lieu de formation dans l'organisme du carbonate calcaire, non plus que sur le mode et le lieu de disparition de celui qui s'y rencontre.

849. — On ne sait non plus rien encore sur la part qu'il prend en particulier à l'accomplissement de tel ou tel acte vital. En se fixant aux substances organiques de la substance organisée des os, des incrustations artérielles, pleurales, etc., il produit des actes chimiques directs dont nous avons parlé en traitant des caractères généraux de cette tribu; on ne connaît pas encore d'une manière précise quels sont les actes qui se passent quand il se forme par décomposition des sels d'origine végétale: rien ne prouve encore que l'oxygène du sang se fixe directement à l'hydrogène de l'acide de ces sels. On a remarqué que dans l'urine du cheval qui contient à la fois du carbonate de chaux et du carbonate de potasse, ces deux sels existent en proportion inverse. Lorsqu'il se dépose beaucoup de carbonate de chaux, c'est qu'il y a peu de carbonate alcalin, et l'urine brunit peu le curcuma; au contraire, une urine claire, parce qu'elle dépose peu de carbonate de chaux, est toujours riche en carbonate potassique.

850. — Les *procédés* à l'aide desquels on constate la présence du carbonate de chaux varient suivant les conditions dans lesquelles il est placé. Si le corps est solide, sous forme de dépôt pulvérulent, dans un liquide ou dans le tissu du rein, etc., il faut examiner au microscope ce dépôt. S'il se présente sous la forme des petits corps sphériques, etc., décrits précédemment, il sera facile de les reconnaître. On doit s'assurer s'ils polarisent la lumière et s'ils dégagent du gaz carbonique par le contact des acides.

Dans les cas où l'on opère sur les dépôts amorphes, comme ceux des artères, etc., on peut reconnaître qu'ils renferment du carbonate de chaux en les traitant par l'acide chlorhydrique ou acétique. Pour analyser d'une manière plus précise ce dépôt, après s'être assuré de son insolubilité dans l'eau, on ajoute de l'acide chlorhydrique qui chasse le gaz carbonique et permet de le reconnaître ; on dose ensuite la chaux par l'oxalate d'ammoniaque qui donne un précipité d'oxalate de chaux.

Historique.

851. — Il nous reste maintenant à faire connaître les auteurs qui ont déterminé la présence du carbonate de chaux dans les tissus et les humeurs. Le premier auteur qui ait signalé l'existence de ce sel dans l'organisme est Wiegler, qui montra qu'il y en a dans le sang de bœuf (1). Quoique le fait ait été vérifié depuis (2), il est possible que le procédé employé par Wiegler, la calcination, soit pour quelque chose dans sa découverte ; il faut peut-être du reste en dire autant de ses successeurs. Fourcroy et Vauquelin en ont ensuite trouvé dans les os humains (3). Vauquelin et Buniva en signalèrent dans la matière caséeuse qui se dépose de l'eau de l'amnios sur le corps du fœtus (4). La même année Hatchett montra que l'ivoire et l'émail des dents humaines en renferment (5), fait confirmé par Josse (6), par Mérat-Guillot (7), et un peu plus tard par John (8). Ces auteurs en signalent en même temps dans les os et les cornes du cerf et du daim. Mérat-Guillot est le premier qui ait

(1) Wiegler, *Versuche ueber die alcalinischen Salze*. Berlin, 1744, p. 169.

(2) Hildebrant, *Progr. de alkali miner. sang. humani*, 1793.

(3) Fourcroy et Vauquelin, *Sur les os humains, pour faire suite au mém. sur les os du bœuf* (*Mém. du Muséum d'histoire naturelle*, an VI, cahier V).

(4) Vauquelin et Buniva, *Mém. sur l'eau de l'amnios de femme et de vache* (*Ann. de chimie*, an VI, t. XXXIII, p. 269).

(5) Hatchett, *Philosoph. transact.*, 1799, t. II, p. 243.

(6) John, *Mém. contenant l'examen physique et chimique des dents* (*Ann. de chimie*, 1802, t. XLIV, p. 3).

(7) Mérat-Guillot, *Analyse comparée des os de l'homme avec ceux des différents animaux* (*Ann. de chim.*, an VIII, t. XXXIV, p. 68).

(8) John, *Laborat. chimic*, t. I, p. 144, 108.

montré que les os non enfouis ni fossiles contenaient du carbonate de chaux, comme les os enfouis analysés par Hatchett, fait qui fut vérifié par Proust (1). Le fait a depuis été confirmé par tous les auteurs qui se sont occupés de ce sujet ; tels sont ceux que nous avons cités dans l'historique du fluorure de calcium, et en outre MM. Lassaigne (2), Valentin (3), Marchand (4), de Bibra (5), Boussingault (6), etc.

En 1809, Pearson indiqua la présence du carbonate de chaux dans les expectorations bronchiques et pulmonaires (7). Fourcroy est le seul auteur qui ait indiqué du carbonate de chaux dans les ongles (8), et John est le seul qui en ait signalé dans l'urine humaine (9), Wurzer dans le liquide d'une hydrocèle (10), et Flashoff dans le liquide exprimé d'une tumeur du sein qui avait exigé l'amputation de cet organe (11).

M. Boudet a signalé dans les cendres du poumon des traces de carbonate de chaux (12). Wurzer en signala le premier dans des concrétions du foie. Il en trouva également dans les concrétions urinaires d'un cheval (13), fait déjà vu par Brandes (14). Henry et Thomson montrèrent que les concrétions pulmonaires sont formées de ce sel (15). Proust est le premier qui en ait signalé dans des calculs urinaires (16) de la vessie humaine. Fontana est le seul qui ait parlé du carbonate de chaux dans la bile de bœuf (17).

(1) Proust, *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, an IX, in-4°, p. 275.

(2) Lassaigne, *Journ. de chim. méd.*, 1838, t. IV, p. 366.

(3) Valentin, *Knochenkrankeiten*, in *Repertorium*, t. III, in-8°, 1838, p. 294.

(4) Marchand, *Lehrbuch der physiol. Chemie*, Berlin, in-8°, 1842.

(5) De Bibra, *Chemische Untersuchungen ueber die Knochen*, etc., in-8°, 1844.

(6) Boussingault, *Rech. sur le dével. de la subst. minérale dans le syst. osseux du porc* (*Ann. de phys. et de chimie.*, 1846, t. VI).

(7) Pearson, *On expectorated matter* (*Transact. philos.*, 1809).

(8) Fourcroy, *Syst. des conn. chimiques*, t. IX, p. 289, an IX.

(9) John, *loc. cit.*, 1808, p. 480.

(10) Wurzer, *Journal de chimie* de Scherer, 1805, t. V, p. 662; et *Journal de chimie* de Van Mons, 1805, t. I, p. 162.

(11) Flashoff, *Journal der Physic und der Chemie*, 1806, t. II, p. 304.

(12) Boudet, *Journal de chimie médicale et de pharmacie*, 1842, t. VIII, p. 37.

(13) Wurzer, *Programma des* 1813 *Jarhigen prorecto ratwechsels Gottinger gelehrte Anzeigen*, cahier XVI, p. 156.

(14) Brandes, *Philosoph. transact.*, 1808.

(15) Thomson, *Syst. de chimie*, 1818, t. IX, p. 305.

(16) Proust, *Expériences sur l'urine* (*Ann. de chimie*, 1800, t. XXXVI, p. 238).

(17) Fontana, *Expér. chimiques sur le fiel de bœuf* (*Ann. de chimie*, 1790, t. IV, p. 171).

Peu de temps après, Bouillon-Lagrange en trouva dans le castoréum (1). Beaucoup d'auteurs indiquent de la chaux dans ce produit de sécrétion.

Fourcroy est le premier qui ait démontré la présence du carbonate de chaux dans l'urine de cheval (2), fait toujours confirmé depuis. Plus tard, avec Vauquelin (3), il en fixa très exactement la quantité (11 pour 100). Vauquelin montra en même temps que celle des lapins et cochons d'Inde contient aussi de ce sel (4). Cette même année 1808, M. Chevreul en trouva aussi dans l'urine du chameau (5), et dans ce travail confirma les résultats de Fourcroy sur l'urine du cheval. En 1802, Vauquelin en découvrit dans l'urine du castor (6).

Dans une concrétion trouvée dans l'estomac d'un singe, Pearson découvrit une certaine quantité de carbonate calcaire (7) ; ce fait se trouve isolé, car ce sel manque dans les égagropiles et les bézoards orientaux et occidentaux. Il en trouve aussi dans des concrétions du rein de cheval et du chat (8). Il en retrouva ensuite avec Vauquelin dans celles du rein et de la vessie du bœuf, du cochon, du lapin, du rat et du chien (9). Ce fait a toujours été confirmé depuis ; du reste il faut dire que Volta et Brugnatelli avaient trouvé ce sel dans un calcul urinaire très dur de la vessie du porc (10).

Enfin on doit à M. Lassaigne plusieurs résultats intéressants indiqués plus haut sur la présence du carbonate de chaux dans les calculs urinaires et salivaires des herbivores (11).

(1) Bouillon-Lagrange, *Observat. sur la physique*, etc., par l'abbé Rozier. Paris, 1792, t. XL, p. 65.

(2) Fourcroy, *Analyse comparée des différentes espèces de concrétions animales et végétales* (*Ann. de chimie*, 1794, t. XVI, p. 63-68).

(3) Fourcroy et Vauquelin, *Éléments de l'urine de cheval* (*Ann. de chimie*, 1808, t. LXVII, p. 275).

(4) Vauquelin, même mém., 1808, p. 274.

(5) Chevreul, *Note sur les urines de chameau, de cheval, etc.* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 294).

(6) Vauquelin, *Analyse comparée de l'urine de divers animaux* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXII, p. 197).

(7) Pearson, *Essais, etc.* (*Transact. philos.*, 1798).

(8) Fourcroy, *loc. cit.*, 1794.

(9) Fourcroy et Vauquelin, *Ann. du Muséum*, 1800-1801, t. I et II, p. 203.

(10) Volta et Brugnatelli, dans Brugnatelli, *Lettre à Fourcroy sur l'anal. des calculs urinaires de l'homme et du cochon* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXII, 1825, p. 181).

(11) Lassaigne, *Analyse de plusieurs calculs et concrétions trouvés dans différents animaux* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1818, t. IX, p. 324). — *Analyse d'un calcul salivaire du cheval, suivie d'une note relative à la composition*

Le carbonate de chaux constitue presque à lui seul avec le phosphate de chaux les concrétions qui causent chez les herbivores l'affection connue sous le nom de *phthisie calcaire*, et ceux de la maladie appelée *pommelière*, où l'on trouve quelquefois de vraies carrières de sels calcaires (1).

CHAPITRE XVI.

BICARBONATE DE CHAUX.

852. — M. Millon dit avoir constaté dans trois cas la présence du bicarbonate de chaux dans l'urine; il accompagnait des lésions profondes des centres nerveux. « Il le faisait déposer en portant l'urine à l'ébullition ; elle se trouble fortement comme si elle contenait de l'albumine, mais elle diffère de l'urine albumineuse en ce que l'acide nitrique ne change rien à sa limpidité (2). »

Comme il existe des bicarbonates de soude et de potasse dans le sang, il ne serait pas impossible qu'un peu de bicarbonate de chaux y existât aussi. Il est très probable qu'il y a dans l'urine et l'eau de l'amnios des herbivores du bicarbonate de chaux en même temps que du bicarbonate de potasse.

La durée de ce principe dans l'organisme n'est, dans tous les cas, que temporaire ou même accidentelle chez l'homme. Il est à l'état liquide dans l'économie par dissolution indirecte, c'est-à-dire à l'aide des bicarbonates alcalins et de l'excès d'acide carbonique libre qu'on rencontre partout où existent des bicarbonates. Il ne prend qu'une part très accessoire à la constitution de la substance organisée et n'en forme pas un principe nécessaire. Il se forme aux dépens des carbonates de l'économie par combinaison directe de l'acide carbonique à ces principes. Il s'échappe par les urines chez les herbivores, et chez l'homme dans les cas morbides. S'il y en a réellement dans le sang veineux, il doit être en partie ou en totalité décomposé dans le poumon en même temps que les bicarbonates alcalins par l'acide pneumique. Il prendrait part ainsi aux actes élémentaires de la respiration, savoir à la production de gaz carbonique.

chimique de la salive chez ce quadrupède (*Ann. de phys. et de chim*, 1822, t. XIX, p. 174). — *Observations chimiques sur un calcul remarquable par sa grosseur, trouvé sur un âne dans le canal de Sténon* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1825, t. XXX, p. 332).

(1) Delafond, *Discussion sur le goître et le crétinisme* (*Bull. de l'Acad. de médecine*. Paris, 1851, t. XVI, p. 543).

(2) Millon, *Études de chimie organique*, in-8°. Lille, 1849, p. 91.

CHAPITRE XVII.

CARBONATE DE MAGNÉSIE.

Synonymie : *Craie magnésienne, magnésie carbonatée, magnésie douce, magnésie effervescente.*

853. — On trouve des traces de carbonate de magnésie dans le sang de l'homme et des animaux. Nul auteur n'en signale dans l'urine humaine, mais il y en a dans celle des herbivores, cheval, bœuf, cochon, lapin, etc. Il y en a aussi un peu dans la matière sébacée de l'homme et des mammifères. On en trouve dans leurs calculs vésicaux et dans ceux du rein des herbivores (Wurzer, Lassaigne et Bley) (1). D'après Gmelin il y en aurait aussi dans la salive.

854. — Ce que nous avons dit de ce dernier principe relativement à la durée de sa présence dans l'organisme, à son état liquide par dissolution indirecte, à ses réactions au contact des acides, aux principes avec lesquels il peut être combiné pour former les humeurs, ou les concrétions dans la composition desquelles il entre, se rapporte également au carbonate de magnésie. L'histoire de ce principe est en effet encore moins avancée que celle du carbonate de chaux.

855. — La quantité de carbonate de magnésie contenue dans les tissus et humeurs a été indiquée pour un petit nombre seulement de ceux-ci. En voici la liste :

Urine de cheval (Boussingault)........................	4,16	p. 1000.
Urine de vache (*Id.*)........................	4,74	—
Urine de porc (*Id.*)........................	0,84	—
Calcul urinaire d'homme (Lindbergson)................	25,50	—
— — (Bley)........................	57,00	—
— — (Bley)........................	65,00	—
— — (Pietro Alemani)................	40,00	—
Mélanose du cheval (Foy)........................	17,50	—
Dents (Berzelius) (2)........................	5,30	p. 100.
Concrétion rénale d'un cheval (Wurzer)................	4,06	—
Concrétion vésicale d'un cheval (John)................	10,00	—
Calcul salivaire d'un cheval (Henry)................	7,60	—

(1) Bley, *Analyse chimique d'un calcul*, dans Millon et Reiset, *Annuaire de chimie pour* 1847, p. 704. — *Analyse d'un calcul urinaire* (*loc. cit.*, 1847).

(2) Berzelius, *General views of the composition of animal fluids.* London, 1812, p. 145.

Matière d'un kyste sébacé de la peau (Esenbeck)		0,016 p. 100.
Cendres de l'urine de cheval	(1)	9,46 —
— —	(1)	13,07 —
Dépôt spontané qui s'y trouve : 12,10; 7,50 à	(1)	8,20 —
Cendres de l'urine de bœuf	(1)	6,93 —
Urine de mouton (2)		1,40 —
Calcul urétral de bœuf (3)		1,50 —
Calcul urinaire de cheval (4)		2,75 —
Concrétion des parois de l'aorte (5)		2,00 —
Calcul du canal de Sténon, de cheval	(6)	1,24 —
— — de bœuf	(6)	4,40 —
Calcul du canal de Wirfung, de bœuf	(6)	4,15 —
Concrétion de l'œil d'un aveugle (7)		1,10 —
Tumor sisticus de la ganache d'un cheval (8)		0,90 —
Calcul vésical de bœuf (9)		9,80 —

856. — Ce que nous avons dit du carbonate de chaux, relativement à son état dans les régions du corps où il existe, relativement aux composés auxquels il est uni, aux réactions chimiques qu'il peut offrir et à ses caractères d'ordre organique, s'applique aussi au carbonate de chaux.

857. — Les substances alimentaires et l'eau que nous buvons renferment de petites quantités de carbonate de magnésie. Il est donc très probable, sinon certain, que ce principe pénètre tout formé dans l'organisme. Il est possible qu'il s'en forme par double décomposition. Mais si le fait a lieu, on ne sait nullement dans quelles régions du corps se passe le phénomène.

Le carbonate de magnésie chez l'homme disparaît par les matières sébacées. Mais ce n'est pas là le seul mode d'issue de ce sel. Il est probable qu'une partie disparaît par double

(1) De Bibra, *loc. cit.*, 1845, t. LIII, p. 48.

(2) Braconnot, *Analyse des urines de veau et de mouton* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1847, t. XX, p. 238).

(3) Lassaigne, *Anal. d'un calcul urétral de bœuf* (*Journ. de chim. médic.*, 1847, t. III, p. 10).

(4) Ohme, *Anal. d'un calcul urinaire de cheval* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCVIII, p. 287).

(5) Landerer, *Anal. d'une concrét. de l'aorte* (*Repert. für die Pharm.*, 1847, t. XLV, p. 60).

(6) Furstenberg, *loc. cit.* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1847, t. XXXIX, p. 33).

(7) Wurzer, *loc. cit.* (*Journ. fur prakt. Chemie*, 1834, t. III, p. 38).

(8) Brandes, *Ann. de pharmacie*, 1834, t. X, p. 229.

(9) Girardin, *loc. cit.* (*Journ. de chim. médic.*, 1849, t. V, p. 312).

décomposition avec d'autres sels. On ne sait pas, du reste, d'une manière positive si le fait a lieu, ou dans quel organe se passerait le phénomène de la décomposition du carbonate pour former les sels de magnésie rejetés par les urines, le phosphate principalement. On ne trouve pas habituellement ce sel dans l'urine de l'homme. Elle doit cependant contenir quelquefois du carbonate de magnésie, car on en trouve dans certains calculs urinaires ainsi que nous venons de le voir. Comme chez les herbivores, on trouve une assez grande proportion de ce sel dans les urines ; il est bien évident que c'est par l'appareil urinaire qu'il est rejeté.

858. — Ne connaissant rien sur les changements qu'éprouve dans les conditions morbides, sous le rapport de sa distribution, de sa quantité, etc., le carbonate de magnésie, non plus que sur son rôle dynamique spécial, il ne nous reste plus qu'à indiquer quels sont les auteurs qui en ont signalé l'existence dans l'organisme.

859. — Pour constater la présence et la quantité du carbonate de magnésie dans les tissus et les humeurs, il faut calciner le résidu de l'évaporation, puis le dissoudre dans l'eau. La portion qui reste à l'état insoluble est ensuite dissoute à son tour par l'acide chlorhydrique étendu d'eau ; on verra tout de suite, s'il y a un dégagement d'acide carbonique, qu'on a affaire à un carbonate ou de chaux ou de magnésie. Pour constater la présence de ce dernier corps, on neutralise la solution par de l'ammoniaque, puis on ajoute quelques gouttes d'une solution de phosphate de soude. S'il y a de la magnésie dans la solution, il se formera un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien, qu'on reconnaît facilement soit par la forme des cristaux, soit par ses autres caractères chimiques.

Pour constater la présence du carbonate de magnésie dans les calculs, on les dissout dans un peu d'acide hydrochlorique, et puis on ajoute de l'ammoniaque pour former l'hydrochlorate d'ammoniaque. On ajoute ensuite du phosphate de soude, et par la double décomposition qui a lieu entre les éléments qui se trouvent ainsi en présence, se précipitent les cristaux du phosphate ammoniaco-magnésien, très facilement reconnaissables, à l'aide du microscope, par la forme de leurs cristaux (voy. pl. VIII) et par les réactions propres à ce sel.

Historique.

860. — Le carbonate de magnésie a été en premier trouvé dans l'urine du lapin par Vauquelin en 1808 (1). La même année, M. Chevreul en dé-

(1) Vauquelin, *loc. cit.* (*Ann. de ch.*, 1808, t. LXVII, p. 274).

couvrit dans l'urine du chameau et dans celle du cheval (1). En 1812, Vauquelin le trouva aussi dans l'urine du castor (2). Nous avons vu que cette même année Berzelius en a indiqué la présence dans la substance dentaire, il y avait en même temps aussi du phosphate de magnésie ; depuis lors nul auteur n'a reparlé de la présence du premier de ces principes dans ce tissu. Nous avons cité d'après Berzelius les auteurs qui ont trouvé du carbonate de magnésie dans des calculs vésicaux, et nous y avons ajouté Pietro Alemani d'après les *Annales de chimie* (3).

Chez les différents mammifères, la présence du carbonate de magnésie fut signalée par Fontana (4), dès 1790, dans la bile du bœuf, mais depuis lors on n'a pas retrouvé ce principe dans ce liquide. Nous avons déjà dit que Wurzer avait trouvé du carbonate de magnésie dans un calcul rénal du cheval (5), fait que John a vérifié sur un calcul vésical du même animal (6). Depuis lors ce sel ayant été trouvé dans l'urine du cheval et de beaucoup d'autres herbivores où l'on ne l'avait pas signalé d'une manière précise (7), les faits morbides ci-dessus ne présentent rien qui doive étonner. Nous avons déjà dit que M. Lassaigne en avait trouvé avec un peu de phosphate calcaire dans les calculs vésicaux des herbivores (8), accompagnant le carbonate (9) de cette base. Landerer dit également en avoir constaté des traces dans un cristallin cataracté (10).

(1) Chevreul, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 303).

(2) Vauquelin, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXI).

(3) Pietro Alemani, *Ann. de chim.*, 1808, t. LXV, p. 222.

(4) Fontana, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1790).

(5) Wurzer, *loc. cit.*, 1813.

(6) John, *Tableaux chimiques du règne animal*, in-4°, 1816, p. 170.

(7) Boussingault, *Rech. sur l'urine des herbivores* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XV, p. 110).

(8) Lassaigne, *Sur l'exist. du carbonate de magnésie dans les calculs vésicaux des anim. herbivores* (*Ann. de phys et de chim.*, 1823, t. XXII, p. 440).

(9) Lassaigne, *Observat. analytique sur un calcul vésical de cheval* (*Journ. de chim. méd.*, 1835, t. I, p. 581).

(10) Landerer, *Analyse d'un cristallin opaque*, dans Millon et Reiset, *Annuaire de chimie*, 1847, p. 754.

CHAPITRE XVIII.

CARBONATE DE SOUDE.

Synonymie : *Soude carbonatée, sel de soude, soude du commerce, alcali minéral aéré, ou effervescent, ou adouci, natrum, alcali fixe, minéral, alcali aëré ou alcali doux.*

861. — Les cendres obtenues par l'incinération de la plupart des tissus et des parties fixes des humeurs renferment du carbonate de soude ; mais, dans la majeure partie des cas, ce carbonate de soude est formé par la combustion, aux dépens de combinaisons de la soude avec des acides organiques ou avec d'autres substances animales.

Cependant, d'après les recherches les plus exactes, on peut considérer le carbonate de soude comme un principe immédiat. Il se trouve dans la lymphe, le sang et en assez grande quantité dans l'urine des herbivores. On en trouve aussi dans l'urine de l'homme, mais seulement dans quelques cas où les urines sont alcalines sans être ammoniacales.

On trouve dans les analyses de cendres des tissus animaux les résultats les plus contradictoires. Tandis que quelques auteurs trouvent une grande proportion de carbonate de soude dans les cendres du sang, de l'urine, etc., d'autres n'en trouvent que des traces ou même pas du tout.

Ces différences proviennent uniquement de ce que l'on peut à volonté augmenter ou diminuer la quantité d'acide carbonique, suivant le degré de chaleur qu'on emploie pour calciner la masse que l'on analyse. Toutes les humeurs animales, les tissus, les excréments, etc., contiennent du phosphate de soude ; ce phosphate de soude se trouve donc en contact pendant l'incinération avec le carbonate de soude qui existe déjà dans l'humeur, ou qui était formé par l'incinération aux dépens d'autres sels de soude. Eh bien, il est reconnu qu'en chauffant un mélange de carbonate de soude et de phosphate de soude, le premier de ces sels perd son acide carbonique,

et la soude va s'ajouter au phosphate pour former un phosphate de soude tribasique. D'un autre côté, tous les sels d'origine organique à base de soude se transforment compéltement par l'incinération en carbonate de soude. Il est donc évident que les analyses des cendres provenant de l'incinération des matières animales n'indiquent nullement la quantité du carbonate de soude contenu dans l'humeur analysée. H. Rose (1) a bien proposé un nouveau procédé pour l'analyse des cendres ; ce procédé, qui est très long, très compliqué, ne remédie en rien aux inconvénients de l'incinération, puisqu'on réduit également en cendre les tissus animaux. Les perfectionnements proposés n'empêchent pas les sels d'origine organique à base de soude de se transformer en carbonate, et celui-ci de varier en quantité suivant le degré de chaleur qu'il est presque impossible de régler, malgré toutes les précautions possibles. Nous laisserons donc ici de côté toutes les analyses de cendres, par lesquelles on a cherché à démontrer l'existence du carbonate de soude ou de potasse, soit dans le sang, l'urine, etc.

Nous avons dit que l'existence du carbonate de soude dans le sang avait été démontrée d'une manière rigoureuse par quelques auteurs. Lehmann, après avoir, au moyen d'un courant d'hydrogène et par l'action du vide, enlevé à du sang frais de bœuf tout l'acide carbonique libre ou combiné comme bicarbonate, s'est assuré qu'il existait encore de l'acide carbonique combiné à la soude. En effet, ce même sang par l'addition d'un peu d'acide acétique, dégage encore de l'acide carbonique qui est chassé ensuite par un courant d'hydrogène. Il existe donc dans le sang du carbonate de soude; la proportion est, d'après ce chimiste, de 0,1628 pour 1000 (2). Nous nous en sommes aussi assurés, en mélangeant du sérum de sang concentré et privé de son albumine par la coagulation, avec

(1) H. Rose, *Annalen der Pharm. und Chem.*, 1849, Bd. LXXVI, f. 304.

(2) Lehmann, *Du carbonate de soude dans le sang* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. L, p. 336). — Lehmann, *Bericht der K. Saechs. Gessel. der Wissen.*, 1847, p. 96-100, in-8°.

de l'alcool ordinaire. Au bout de quelques jours, les parois du vase sont couvertes de petits cristaux solubles dans l'eau et dégageant au contact de l'acide acétique du gaz carbonique.

La lymphe, le liquide céphalo-rachidien, les os, l'urine des herbivores, les urines alcalines non ammoniacales de l'homme malade et diverses productions morbides en renferment aussi.

862. — Les proportions de ce sel qui ont été indiquées sont les suivantes :

Cent parties de sang de bœuf renferment....................	0,162 (1)
Cent parties du sérum....................................	0,165 (2)
Cent parties de la lymphe................................	0,056 (2)
Cent parties de liquide céphalo-rachidien..................	0,060 (3)

Dans le sang du cheval, de la vache et en général des herbivores, la proportion du carbonate de soude est double et même triple de la proportion du carbonate de potasse. Liebig dit qu'on ne trouve pas de carbonate alcalin dans le sang de l'homme et dans celui du chien sur lequel beaucoup d'expériences ont été faites, mais on y trouve des phosphates alcalins (4). Pourtant, dans la page qui précède, il admet que les acides végétaux et l'acide urique dégagent de l'acide carbonique en décomposant les carbonates ; si donc il n'y a pas de carbonates dans le sang, cela ne peut être que chez les animaux soumis à un régime animal exclusif, et, d'après ce qui précède, on voit qu'il doit y en avoir au moins quand le chien et l'homme introduisent des aliments végétaux, sans quoi les acides végétaux et l'acide urique ne pourraient mettre en liberté de l'acide carbonique.

Cendres de l'urine de cheval.....	(5)	....	10,33 p. 100.
— de chèvre.....		....	5,30 —
— de lièvre......		....	9,84 —
— de lièvre......		....	8,73 —

(1) Marcet, *Schweigger's Journal*, 1820, t. X, p. 151.

(2) Nasse, *Simon's Beitraege zur physiol. und pathol. Chemie*, 1840, t. I, p. 449.

(3) Lassaigne, *Note sur la composit. du liquide qui se trouve dans le canal rachidien* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1826, t. 33, p. 440).

(4) Liebig, *loc. cit.*, 1852, p. 182-175.

(5) De Bibra, *Sur l'urine de quelques herbivores* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1845, t. LIII, p. 98).

Ostéosarcome de l'humérus d'homme (1)	0,14	p. 100.
Cancer encéphaloïde (Foy)	2,75	—
Cancer squirrheux (*Id.*)	5,00	—
Cent parties d'excréments humains secs (Berzelius)	0 08	—

863. — Le carbonate de soude est dans l'économie à l'état liquide; il est dissous directement dans l'eau des humeurs. Dans les tissus demi-solides ou solides, il partage l'état dans lequel se trouve l'eau qui le tient en dissolution et fait partie de ces solides.

864. — Il conserve dans l'économie la réaction légèrement alcaline qu'il possède comme composé chimique, et il se décompose là comme ailleurs au contact des acides plus puissants que le carbonique : c'est par suite de ce fait que le sang présente la réaction alcaline que nous lui connaissons. Il en est de même pour le liquide céphalo-rachidien et pour la salive.

865. — Ce principe est peut-être mélangé, combiné avec quelques autres sels alcalins, ou avec les carbonates de chaux et de magnésie, pour former la substance du corps. On ne peut à cet égard que faire des hypothèses fondées sur ce qu'on sait des propriétés chimiques de ces corps. Mais on peut considérer comme certain qu'il est combiné avec l'albumine dans le sang. Le carbonate de soude dissout en effet l'albumine et empêche même à la fibrine du sang de se coaguler, quand ce liquide, au sortir de la veine, tombe dans une solution de ce sel. C'est donc avec les principes de ce genre qu'on peut le considérer comme uni, pour concourir à former la substance organisée.

866. — C'est par suite de l'ensemble de ces divers caractères, de ces diverses proportions dans les humeurs, que le carbonate de soude présente, comme caractère d'ordre organique, de faire partie de la substance des êtres vivants; c'est par suite de ces faits que, dissous par leur eau, il concourt à dissoudre les substances albumineuses et, probablement, facilite la dissolution des corps gras.

867. — Chaque principe immédiat, nous l'avons dit souvent,

(1) Roux, *Anal. d'un ostéosarcome* (*Journ. de chim. et de phys.*, 1847, t. XI, p. 429).

ne prend part directement à aucun acte d'ordre organique ou autrement dit vital; la substance organisée seule prend part directement à ces actes. Nous voyons ces principes, considérés isolément, ne manifester que des actes chimiques, d'où résulte la formation de nouveaux composés par leur propre décomposition. La totalité de ces actes élémentaires constitue l'acte vital de nutrition, différant des actes chimiques quelconques, en ce qu'il se passe dans une substance particulière, dite *organisée*, d'origine première, inconnue ; et différant encore des actes chimiques, en ce qu'il s'opère d'une manière continue sans destruction ni changements spécifiques des caractères de la substance où il se passe ; tellement que ce n'est qu'à l'instant où cesse l'acte continu de nutrition, qu'on voit cette substance présenter des actes d'ordre chimique fixes, discontinus et ayant pour résultat la formation de composés définis.

Mais on observe de plus, surtout dans les principes de cette tribu, un fait important. Il est de ces principes, ainsi que nous l'avons dit, qui sont condition d'existence de telle ou telle espèce de substance organisée, auxquels ces formes de la substance doivent leurs propriétés fondamentales, caractéristiques, comme par exemple la substance du tissu osseux aux phosphates terreux. Sans plus manifester aucun acte ni chimique ni physique, après leur fixation, ces principes-là, par le fait de leur seule présence, donnent à cette substance ses propriétés fondamentales. Or, il est d'autres espèces de la même tribu, qui par le seul fait de leur présence dans telle ou telle forme de la substance organisée, sont aussi la condition d'existence de quelqu'une de leurs propriétés fondamentales et de l'accomplissement des actes qui s'y passent, sans pourtant prendre aucune part directe à ces actes.

Tel est le carbonate de soude. Le sang lui doit son alcalinité, et sans prendre part directe à aucun des actes de fixation de l'oxygène ou de décomposition de plusieurs des substances d'origine végétale qu'on y introduit, ce principe à réaction alcaline, par le fait seul de son existence, est la prin-

cipale condition d'accomplissement de ces actes. D'après Liebig, le carbonate de soude ne remplirait cet office que dans le sang des herbivores ; car, chez les carnivores, c'est du phosphate de soude alcalin qui joue le même rôle : nous avons vu en effet qu'il nie la présence du carbonate de soude dans le sang des carnivores ; mais, ainsi qu'on va le voir, le fait ne peut être vrai que pour les animaux soumis au régime exclusivement animal. Lui-même dit un peu plus loin : « Les acides végétaux introduits dans le sang, ou l'*acide urique* produit par la transmutation des tissus, décomposent les carbonates alcalins ; l'acide carbonique, devenu libre, est évacué par le poumon (1). »

Dans le sang, ce principe prend certainement part, comme les sels de soude, au maintien de l'élasticité, de la fermeté des globules, qui, ainsi qu'on le sait, est un fait nécessaire pour qu'ait lieu l'hématose. Il concourt ainsi indirectement à l'accomplissement de ce phénomène ; action indirecte dans les actes de nutrition et autres, qui est le propre de tous les principes d'origine inorganique.

Comme c'est à lui qu'est due l'alcalinité de la salive, lorsque les phénomènes physiologiques *dus à cette alcalinité* seront bien déterminés, c'est à ce principe qu'on devra les rapporter.

Concourant à tenir l'albumine en dissolution, il agit ainsi indirectement dans les phénomènes de nutrition, puisque la fluidité ou demi-solidité des principes en est une condition.

868. — Le carbonate de soude, qu'on trouve dans l'organisme, ne vient pas tout du dehors, il se forme presque entièrement dans le corps des animaux ; une partie seulement pénètre tout formé dans l'eau que nous buvons et avec les aliments solides.

On sait que les cerises, les fraises, les pommes, les raisins et autres fruits charnus, pris en grande quantité, rendent l'u-

(1) LIEBIG, *loc. cit.*, in-18, 1852, p. 174.

rine alcaline. Or, ces matières végétales contiennent des malates (fruits à noyaux), des citrates (fruits à pepins et pommes de terre), ou des tartrates (raisins). Or Gilbert Blane et Woehler (1) ont montré que ces mêmes sels, pris isolément, se comportent comme les sels contenus dans la substance des fruits elle-même. Ingérés dans l'estomac, ou introduits sous forme de lavements, les citrate, tartrate, malate et acétate de potasse, ainsi que le sel de Seignette (2) et le lactate de soude, reparaissent dans l'urine à l'état de carbonate. Gilbert Blane, ne retrouvant pas ces corps dans l'urine tels qu'ils avaient été ingérés, les croyait assimilés.

C'est là certainement une des sources du carbonate de soude de notre sang, quand il en renferme, s'il est vrai qu'il n'en contient pas toujours comme le pense Liebig. C'est une des sources de celui du sang des herbivores. « Les carbonates alcalins de l'urine des herbivores tirent leur origine de la même source; ils proviennent des sels organiques à base alcaline contenus dans les aliments (3). »

Il importe de noter que pour voir se former ces carbonates, il ne suffit pas d'introduire des acides d'origine végétale; car les acides des sels ci-dessus, quand ils sont ingérés sous forme de limonade, se retrouvent dans les urines, même l'acide gallique et l'acide tartrique (4). Il est probable que tout l'acide ne passe pas ainsi du sang dans les urines, et qu'une partie passant à l'état de sel par décomposition des carbonates reste à l'état de carbonate. C'est ce qu'admet Liebig, qui, ainsi que nous venons de voir, admet que les acides végétaux introduits dans le sang décomposent les carbonates alcalins, et

(1) Woehler, *Versuch ueber den Uebergang von Materien in den Harn*, dans Tiedeman und Treviranus, *Untersuchungen ueber die Natur des Menschen der Thiere und der Pflanzen*, in-4°, 1824, t. I, p. 138.

(2) Berzelius, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie*. Stockholm, 1845; Paris, in-8°, 1846, p. 528.

(3) Liebig, *loc. cit.*, 1852, p. 173.

(4) Morichini, *Ueber einige Substanzen welche unzersetst. in den Harn uebergehen* (*Deutsches Archiv für Physiol. von J.-F. Meckel*, 1817, t. III, p. 467). — Woehler, *loc. cit.*, 1844.

forment des sels neutres qui sont bientôt décomposés à l'aide de l'oxygène circulant dans l'économie.

Quelles sont maintenant les réactions chimiques d'après lesquelles ces acides d'origine organique perdent leur hydrogène pour faire de l'acide carbonique? Quels sont les tissus et humeurs dans lesquels se passe le phénomène? C'est ce qu'on ne sait pas encore d'une manière précise. Déjà nous avons discuté, en traitant de l'oxygène, les théories chimiques d'après lesquelles on admet que se brûlerait l'acide lactique, etc., pour faire de l'acide carbonique. Déjà nous avons vu que le fait de cette combustion, pas plus que celui de l'oxydation de la fibrine, n'était démontré comme vrai. L'oxygène peut bien être fixé à ces corps d'origine végétale en présence des sels alcalins du sang, comme les matières colorantes du campêche en présence de la potasse, mais rien ne démontre encore que ce soit réellement le mode d'après lequel sont détruits ces composés ou quelque autre. Beaucoup d'actes moléculaires autres que la combustion peuvent faire disparaître l'oxygène de ces composés et les faire passer à l'état de carbonates. L'expérience n'a pas encore décidé si c'est un acte de ce genre qui a lieu, ou quelque acte chimique indirect du genre de ceux qu'on observe dans la formation de plusieurs des principes qui apparaissent dans l'organisme même; mais tout rend ce dernier fait probable.

C'est par l'urine que s'échappe une partie du carbonate de soude du sang des herbivores et aussi de l'homme, dans les cas où il s'en forme beaucoup par suite de l'ingestion des fruits charnus en grande quantité. Il y en a aussi de décomposé dans le poumon par l'acide pneumique qui s'empare de la soude et chasse le gaz carbonique. Accidentellement il peut y en avoir de décomposé, ainsi qu'on vient de le voir, par ingestion des acides végétaux et autres. La salive et la bile en mêlent aux matières alimentaires; il est en partie réintroduit sans doute, et en partie expulsé avec les matières fécales. Beaucoup de médecins admettent que c'est à la présence de l'un de ces deux sels qu'est due la réaction alcaline

des urines non ammoniacales, réaction qui se montre après l'usage prolongé des alcalins, après avoir bu quelques verres d'eau de Vichy (1), ou quand on a pris en grande quantité une nourriture seulement végétale.

869. — Le carbonate de soude qui pénètre et celui qui est formé dans l'économie manifestent des actes physiques d'endosmose et d'exosmose. Celui qui est décomposé par les acides de la manière indiquée plus haut présente des actes chimiques directs. On ne sait encore d'après quel ordre d'actes chimiques se forme celui qui résulte de la décomposition des sels de soude d'origine végétale. Nous avons dit, en effet, qu'il n'est pas encore certain si c'est par suite de combinaison de l'oxygène atmosphérique à leur hydrogène, ou si c'est par suite d'actes chimiques indirects, ou catalyses, que ces sels perdent une partie de leurs éléments chimiques, d'où leur passage d'un état spécifique à un autre.

870. — *Extraction.* D'après ce que nous avons dit plus haut, le carbonate de soude qu'on obtient par l'incinération des tissus ne peut pas être considéré comme appartenant en totalité au tissu lui-même. Cependant, lorsqu'on trouve dans les cendres une forte proportion de carbonate de soude, on peut être sûr que la soude combinée à l'acide carbonique était, avant l'incinération, unie soit à des acides, tels que l'acide lactique, acétique, etc., soit à de l'acide carbonique. Il faudra ensuite rechercher dans une autre portion du liquide, dont on a préalablement séparé le carbonate de chaux peu soluble et dont les principes n'ont pas été détruits par l'incinération, s'il existe de l'acide carbonique qu'on puisse dégager par addition d'un acide ; dans ce cas, il existerait du carbonate de soude comme principe immédiat dans le tissu ou l'humeur analysée.

871. — *Historique.* Il existe dans les traités de chimie, et beaucoup de mémoires spéciaux même récents, un grand nombre d'analyses du sang, de l'urine ou de divers tissus, dans lesquelles pour chacun d'eux on indique la quantité de soude qu'ils renferment. Mais il est impossible de rien retirer de ces travaux, parce que l'acide sulfurique, l'acide carbonique, le chlore et d'autres principes médiats sont déterminés séparément des bases avec lesquelles ils sont combinés dans l'organisme. Ce n'est, en effet, pas à l'état de soude que cet alcali remplit un rôle dans l'économie, mais bien comme faisant partie de différents sels. Ce sont par conséquent ces derniers qu'il s'agirait d'étudier chacun séparément, et non leurs parties constituantes. C'est parce qu'on a toujours fait le contraire que des principes immédiats aussi importants que les carbonates alcalins sont si peu connus encore.

(1) Durand-Fardel, *Des eaux de Vichy*, in-8°. Paris, 1851. — *Des réactions acides et alcalines de l'urine des malades soumis au traitement des eaux de Vichy* (*Gaz. médic. de Lyon*, 1849).

Nous indiquerons seulement Marcet comme ayant (1) trouvé 1,35 pour 1000 de carbonate de soude dans le liquide d'un *spina-bifida*, et 1,24 dans celui d'un hydrocéphale; puis John qui en trouva dans le pus de l'ovaire d'une femme phthisique (2). Fontana en avait indiqué depuis longtemps dans la bile de bœuf, mais certainement il résultait de la décomposition par le feu des cholates et choléates de soude (3). Il paraît qu'il y en a également dans la synovie du bœuf, mais le fait est douteux (4) en raison du procédé employé. Nous ne donnons qu'avec doute, et faute de mieux jusqu'à plus ample informé, les résultats de l'analyse de Frommherz et Gugert, dans laquelle ces auteurs ont trouvé 35 pour 100 de carbonate de soude dans les cendres du cartilage (5).

Dans la plupart des analyses des os on trouve indiquée la présence d'une certaine quantité de soude qui peut-être était à l'état de carbonate, car les analyses de Valentin donnent les quantités suivantes (6) :

	Os secs.		Os frais.	
Masse calleuse d'une côte de cheval........	0,26	p. 100.	0,13	p. 100.
Métatarsien sain d'un cheval..............	0,45	—	0,29	—
Exostose du tarse d'un même cheval.......	4,48	—	2,55	—
Substance compacte saine du tibia d'un homme de trente-huit ans.............	0,33	—	0,20	—
Substance spongieuse du même os.........	0,13	—	0,07	—
Condyle externe gauche d'une jeune fille de dix-huit ans........................	2,97	—	1,33	—
Condyle externe droit de la même jeune fille.	1,42	—	0,64	—
Tête cariée du tibia gauche de la même jeune fille.	0,82	—	0,44	—
Croûte sécrétée autour du tibia gauche carié.	2,75	—	1,11	—
Carie d'une vertèbre dorsale d'un jeune homme de vingt ans..................	0,26	—	0,11	—
Mélanose du cheval (Foy)................		2,50 p. 100.		
Concrétion salivaire du cheval (Wurzer)....		1,75 —		

M. Lassaigne a aussi indiqué des traces de carbonate de soude dans la mélanose du cheval. Il est probable que la salive et quelques autres humeurs et tissus dans lesquels on a indiqué la présence de la soude contiennent du carbonate de cette base ; mais le fait n'est pas encore prouvé positive-

(1) MARCET dans BERZELIUS, *General views of the compos. of animal fluids*, p. 55. London, 1812.

(2) JOHN, *Chemische schriften*. Berlin, 1812, t. II, p. 120.

(3) FONTANA, *Expér. chimiq. sur le fiel de bœuf* (*Ann. de chimie*, 1790, t. IV, p. 171).

(4) MARGUERON, *Examen chimique de la synovie* (*Ann. de chimie*, 1793, t. XIV, p. 123).

(5) FROMMHERZ et GUGERT, *Chemische Untersuchungen verschiedener Theile des menschlichen Kœrpers und einiger pathologischen Produet*. (*Schweigger's Archiv für Natur vissenschaft und Mathematik*, 1811, vol. I, p. 447; et dans FROMMHERZ, *Handbuch der med. Chemie*, in-8°, 1834).

(6) VALENTIN, *loc. cit.*, 1838.

ment. C'est à la présence de ce sel que d'après Tiedemann et Gmelin (1) serait due l'alcalinité de la salive parotidienne ; le fait est nié par M. Blondlot (2). On ne sait si l'on peut considérer comme existant réellement à l'état de carbonate de soude les 8 millièmes de ce sel qu'on trouve dans 100 parties d'excréments secs (Berzelius) ; car c'est par calcination de cette substance qu'on les obtient. Or, pendant cette opération, les sels de soude à acides organiques doivent être décomposés et laisser du carbonate de cette base. Vogel admet que c'est à ce carbonate et à celui de potasse qu'est due la réaction alcaline de l'urine non ammoniacale, qui entraîne la précipitation du phosphate de chaux et la formation des calculs de cette espèce (3). Landerer en a trouvé des traces avec des sulfate et phosphate de la même base dans un cristallin opaque (4). C'est le carbonate de soude qui donne au liquide céphalo-rachidien son alcalinité. Ce liquide en renferme, en effet, 0,060 pour 100 (5). Barruel et Lassaigne ont trouvé du carbonate de soude avec les autres éléments du sang dans la matière noire mélanique (6). Laugier a vu aussi ce même élément (7). Mais il est à remarquer que la matière noire des kystes de l'ovaire, ainsi que nous l'avons constaté, est bien réellement du sang épanché, mêlé de la matière des kystes et qui a pris une certaine consistance, tandis que la mélanose est du pigment. M. Lassaigne en a trouvé aussi avec de l'osmazome, de l'albumine, du sel marin et du phosphate et carbonate de chaux dans le liquide céphalo-rachidien (8).

CHAPITRE XIX.

BICARBONATE DE SOUDE.

872. — Liebig a fait remarquer que le carbonate de soude du sang pourrait être, dans cette humeur, à l'état de bicarbonate et non de carbonate. En effet, dans une dissolu-

(1) Tiedemann et Gmelin, *Recherches expérimentales sur la digestion*, trad. franç. Paris, 1827, in-8°.

(2) Blondlot, *Traité analytique de la digestion*, 1843, p. 120.

(3) Vogel, *Traité d'anat. pathol. génér.*, traduct. franç. Paris, 1847, p. 327.

(4) Landerer, *loc. cit.*, 1847, p. 754.

(5) Lassaigne, *Note sur la composit. du liq. qui se trouve dans le canal rachidien* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1826, t. XXXIII, p. 440).

(6) Barruel et Lassaigne dans Breschet, *Considérat. sur une altérat. organiq. appelée dégénérescence noire, mélanose*, etc. Paris, 1819.

(7) Laugier, *Examen chimiq. d'une mat. noirâtre trouvée dans l'ovaire d'une femme* (*Journ. de chim. méd.*, 1827, t. III, p. 260).

(8) Lassaigne, *Anal. du liq. qui se trouve dans le canal rachidien de l'homme et des animaux* (*Journ. de chim. méd.*, 1827, t. III, p. 11).

tion il ne peut pas exister en même temps de l'acide carbonique et du carbonate de soude, sans qu'il se forme tout de suite un bicarbonate. Mais le bicarbonate de soude réagissant acide, et le sang au contraire étant alcalin, ce fait indique bien qu'il y a du carbonate de soude ; au moins chez les animaux où le phosphate de soude ne prédomine pas.

Voici l'expérience par laquelle Liebig démontre la présence du bicarbonate de soude dans le sang : Lorsqu'on mélange de l'alcool avec du sérum du sang, l'albumine qui se précipite, après avoir été bien lavée et calcinée, ne laisse pas de cendres alcalines ; si la soude avait été dans le sang chimiquement combinée avec l'albumine, elle se serait précipitée avec elle, tandis que le carbonate et le bicarbonate de soude sont solubles dans de l'alcool aussi peu concentré. Si l'on fait passer dans la liqueur filtrée de l'hydrogène, celui-ci en chassera l'acide carbonique ; l'hydrogène déplace, comme nous l'avons déjà vu, l'acide carbonique dans une dissolution de bicarbonate de soude, et le transforme en carbonate neutre, surtout si elle est à la température de + 38 degrés centigrades. De plus, la liqueur, traitée par du bichlorure de mercure, n'est troublée par aucun précipité ; mais, au bout de quelque temps, il se dépose des cristaux bruns de protochlorure de mercure. Cette réaction indique la présence du bicarbonate de soude dans une liqueur.

Le carbonate de soude se porterait ainsi en partie dans le sang à l'état de bicarbonate, en présence de l'acide carbonique libre. L'existence du bicarbonate de soude étant établie dans le sang, on ne peut lui refuser un rôle important dans les phénomènes de la respiration.

Le bicarbonate de soude joue évidemment un rôle relativement à la solubilité de l'albumine dans le sang ; car le bicarbonate surtout dissout très facilement l'albumine. Il est aussi reconnu que la solidification de la fibrine est retardée par la présence d'une grande quantité des carbonates et bicarbonates alcalins, et qu'elle peut être même complétement empêchée par l'action de ces sels.

L'existence de ce principe n'est démontrée que théoriquement, encore dans le sang seulement, mais nulle part ailleurs. Tiedemann et Gmelin attribuent l'alcalinité de la salive à du carbonate ou à du *bicarbonate* de soude, sans préciser lequel des deux sels existe réellement.

Il est du reste inutile, pour ce dernier principe, de parler de son état de dissolution dans l'économie, des phénomènes qu'il y présente au contact des gaz neutres ou autres réactifs, ni des principes avec lesquels il est combiné, du rôle qu'il joue, etc. Ce serait, en effet, vouloir répéter tout ce que nous avons dit du carbonate de soude.

873. — Il se forme par combinaison de l'acide carbonique du sang aux carbonates de soude que renferme ce liquide. Il est probablement décomposé dans le sang pulmonaire, comme le carbonate de la même base, par l'acide pneumique, et accidentellement dans le sang de la veine porte par les acides d'origine végétale introduits comme aliments.

Il est possible que, dans le poumon, une partie ou totalité du bicarbonate passe à l'état de carbonate, par expulsion de l'acide carbonique à l'aide de l'oxygène, et qu'il y ait ainsi une alternative de formation et de destruction des deux principes.

C'est au bicarbonate de soude ou plutôt à ce sel devenu carbonate de soude, introduit dans l'estomac et de là dans le sang, qu'on a attribué la prétendue alcalinisation de l'organisme dans le traitement par les eaux de Vichy, alcalinisation que l'on croyait depuis longtemps devoir être manifestée exactement par le degré d'alcalinité des urines; mais M. Durand-Fardel a prouvé qu'il ne faut pas voir toujours, dans le fait de l'alcalinité de l'urine, la preuve de l'alcalinisation des humeurs (1). Il a constaté, en effet, que l'eau de Vichy communique à l'urine son caractère d'alcalinité, comme les asperges leur principe odorant, et avec la même rapidité. Au bout d'une demi-heure, dans un premier bain, l'urine peut se montrer alcaline. Dans l'heure même où les malades boi-

(1) DURAND-FARDEL, *Des eaux de Vichy considér. sous les rapports clinique et thérapeutique*, in-8°. Paris, 1851, p. 104.

vent l'eau de Vichy (1), il y a augmentation très passagère de la sécrétion urinaire, et l'urine devient très alcaline. L'urine de nuit, au contraire, se présente avec des qualités alcalines très variables et quelquefois presque nulles.

CHAPITRE XX.

CARBONATE DE POTASSE.

Synonymie : *Alcali végétal (alcali fixe végétal), alcali végétal doux, alcali fixe effervescent, alcali végétal aéré, potasse carbonatée, sel fixe des végétaux, sel fixe de Tachenius.*

874. — Quoique les carbonates alcalins soient, parmi les principes salins, des principes immédiats très importants, ils ont été peu étudiés. De plus, le mode d'analyse employé jusqu'à présent pour les recherches, la calcination, est sujet à causer tant d'erreurs que l'on n'est pas très sûr des résultats obtenus, quant aux chiffres indiquant les proportions de ces principes.

Le carbonate de potasse existe dans le sang des herbivores, mais en moins grande proportion que celui de soude; il existe aussi chez l'homme, le chien, etc., lorsqu'ils ingèrent des aliments végétaux. La commission de l'Institut en a trouvé une grande quantité dans la salive parotidienne du cheval (p. 904) et pas dans la salive mixte (p. 905). Westrumb (2) en avait déjà signalé la présence dans les cendres du sérum du sang.

875. — D'après ce que nous allons exposer dans le chapitre suivant, on ne sait encore s'il faut admettre comme étant du carbonate de potasse, ou du bicarbonate de cette base, les 6 grammes environ de carbonate de potasse que M. Braconnot indique comme existant dans chaque litre

(1) Durand-Fardel, *Mém. sur les réact. acides et alcalines des urines des malades soumis au traitement par les eaux de Vichy* (*Gaz. méd. de Lyon*, 1849, et *Revue méd.*, Paris, mai et juin 1849).

(2) Westrumb, *Journal de chimie de Crell*, 1784, t. XII, p. 140.

d'urine de mouton (1), ainsi que les quantités suivantes données par de Bibra :

Cendres de l'urine de cheval	46,09	p. 100.
— de porc	12,10	—
— de bœuf	77,28	—

Il fait remarquer que, dans l'urine de bœuf, il y avait toujours plus de carbonate de potasse que dans l'urine de cheval, et au contraire une moindre quantité de carbonates de chaux et de magnésie (2).

Il existe des traces de carbonate de potasse dans les calculs urinaires, principalement dans ceux qui sont formés d'acide urique, pur ou uni à des urates d'ammoniaque et autres. (Samuel Bigelow.)

876. — Le reste de l'histoire de ce principe immédiat coïncide assez avec celle du carbonate de soude pour qu'il soit possible de renvoyer à ce que nous avons dit de ce dernier. Il faut seulement tenir compte du fait suivant : Le sang des herbivores, qui contient plus de carbonate de potasse que celui des carnivores et omnivores, en raison de la plus grande quantité d'aliments contenant des sels alcalins à acides végétaux (pommes de terre, fruits charnus, plantes herbacées), renferme pourtant deux et trois fois moins de ce sel que de carbonate de soude. C'est donc à propos de ce dernier que nous avons dû faire ressortir la part qu'ont les carbonates alcalins à la constitution du sang, et indiquer celles des propriétés de cette humeur dont ils sont la condition d'existence.

877. — La présence des carbonates alcalins a été niée par Enderlin (3), d'après de mauvaises analyses ; mais depuis il est revenu sur cette erreur (4) qui, du reste, avait été immédiatement contredite par les travaux de Gol-

(1) Braconnot, *Ann. de phys. et de chim.*, 1847, t. XX, p. 244.

(2) De Bibra, *loc. cit.* (*Ann. der Chemie und Pharm.*, 1845, t. LIII, p. 98).

(3) Enderlin, *Rech. chimico-physiologiques* (*Ann. der Chemie und Pharm.*, 1844, t. XLIX, p. 317, et t. L, p. 53).

(4) Enderlin, *Rech. chimico-physiologiques* (*Id.*, 1848, t. LXVII, p. 304).

ding-Bird (1), Becquerel et Rodier (2), H. Rose (3), Heintz (4), Lehmann (5) et Marchand (6). Van Ghert indique la présence d'un peu de carbonate de potasse dans le sable des plexus choroïdes (7).

CHAPITRE XXI.

BICARBONATE DE POTASSE.

878. — Le bicarbonate de potasse n'a encore été signalé que dans l'urine des herbivores (8) et l'eau de l'amnios du veau (9). C'est par erreur d'impression, sans doute, qu'on le trouve indiqué par M. Bérard (10) comme donnant à la salive son alcalinité, car le rapport de la commission de l'Institut, auquel il emprunte ce document, indique du *carbonate de potasse*, et non du bicarbonate, dans la salive parotidienne du cheval, carbonate qui n'existe plus dans la salive mixte où prédominent les chlorures alcalins (11).

879. — M. Boussingault indique 11,28 pour 1000 de bicarbonate de potasse dans l'urine de cheval, et 10,74 dans celle de porc. Chez le bœuf, il note la présence d'une grande quantité de potasse, mais on ne peut tirer parti de cette analyse, parce que les alcalis, les acides, le chlore, etc., sont indiqués séparément et non à l'état de principes immédiats. Pourtant, comme il indique dans une note à l'Institut (12), d'une manière générale, la présence d'une grande quantité de bicarbonate de potasse dans l'urine des herbivores, il est à croire que c'est sous cette forme que se ren-

(1) Golding Bird, *Remarques sur la constit. saline des cendres provenant des fluides animaux* (*Philosophical magaz.*, 1845, t. XXVI, p. 532).

(2) Becquerel et Rodier, *Rech. sur la composit. du sang dans l'état de santé et l'état de maladie* (*Ann. de chimie* de Millon et Reiset ; Paris, 1846, p. 724).

(3) H. Rose, *Sur l'anal. des cendres de plantes* (*Id.*, 1846, p. 374).

(4) Heintz, *Sur le dosage des subst. fixes dans les mat. organiq.* (*Id.*, 1846, p. 374).

(5) Lehmann, *Carbonate de soude dans le sang* (*Id.*, 1846, p. 463).

(6) Marchand, *Journ. für prakt. Chemie*, 1846, t. XXXVII, p. 321.

(7) Van Ghert, *Disquisitio anatomico-pathologica de plexibus choroideis*, in-8°. Utrecht, p. 45-47.

(8) Boussingault, *Rech. sur l'urine des herbivores* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XV, p. 110).

(9) Stass, *Note sur les liquides de l'amnios et de l'allantoïde* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1850, t. XXXI, p. 629).

(10) Bérard, *Cours de physiologie*. Paris, 1848, t. I, p. 711.

(11) *Loc. cit.*, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, t. XXI, p. 903-905.

(12) Boussingault, *Sur l'anal. chimique de l'urine des herbivores* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, t. XXI, p. 4).

contre la potasse chez le bœuf. Ce sont là les seuls matériaux que nous possédions sur ce principe.

880. — Quant à sa formation dans le sang et au rôle qu'il y remplit, s'il y existe, comme le fait est probable, puisqu'il s'y trouve du bicarbonate de soude, nous renvoyons à l'histoire des carbonate et bicarbonate sodiques.

881. — Marchand pense que l'acide carbonique qu'il a pu retirer par le vide du lait frais en petite quantité, se trouve à l'état de bicarbonate, mais sans indiquer si c'est celui de potasse ou celui de soude. La même remarque s'applique à celui qu'il a retiré de la bile, mais en moindre quantité que dans le lait (1).

CHAPITRE XXII.

SULFATE DE SOUDE.

Synonymie : *Sel de Glauber, sel admirable.*

882. — Ce principe immédiat se rencontre en petite quantité dans l'économie animale, mais il existe presque partout ; il faut en excepter le lait, la bile et le suc gastrique, dans lesquels il manque complétement. Le lait n'en contient que lorsqu'on administre ce sel à l'intérieur (2) à dose médicamenteuse.

883. — Toutes les substances albumineuses transforment par l'incinération une partie de leur soufre en acide sulfurique : c'est ce qui est probablement arrivé dans plusieurs des cas dans lesquels on a dosé les sulfates après incinération. C'est le soufre de l'albumine du sang qui a très probablement fourni la majeure partie de l'acide sulfurique trouvé dans les cendres analysées.

Nous allons néanmoins donner l'énumération des quantités de sulfate de soude trouvées dans les différentes humeurs et tissus, qu'il faut accepter en attendant qu'on possède mieux :

(1) Marchand, *Sur l'acide carbonique de l'urine et du lait* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1848, t. XLIV, p. 250).

(2) O. Henry et Chevallier, *Journal de pharmacie*, 1840, t. XXV, p. 333 et 401.

Nasse	Sang d'homme	0,202	p. 1000.
	Sang de chien	0,197	—
	Sang de chat	0,311	—
	Sang de cheval	0,213	—
	Sang de bœuf	0,181	—
	Sang de veau	0,269	—
	Sang de chèvre	0,265	—
	Sang de brebis	0,248	—
	Sang de lapin	0,302	—
	Sang de cochon	0,289	—
Muscles pectoraux de femme (Bibra) (1)		0,230	—
— de bœuf (*Id.*)		0,050	—
Cœur d'homme (*Id.*)		0,392	—
Urine d'homme (Berzelius)		3,160	—
— acide (Simon)		2,970	—
— moins acide (*Id.*)		2,200	—
— très acide (*Id.*)		5,000	—
Excréments frais (Berzelius)		2,000	p. 100.
Cendres des cartilages costaux (Frommherz)		24,000	—

D'après M. Boudet, il y en a un peu dans les cendres du poumon. Il en a trouvé 0,13 pour 100 dans les tubercules crétacés (2). D'après M. Poggiale, le sulfate de soude existe dans le sang dans les proportions suivantes (3) :

Sang d'homme avant l'emploi du sel marin	0,44	p. 1000.
Sang d'homme après l'emploi du sel marin	0,42	—
Sang de bœuf	0,60	—
Sang de vache	0,32	—
Sang de veau	0,84	—
Sang de mouton	0,63	—
Sang de lapin	0,59	—
Sang de chien	0,72	—
Sang de chat	0,71	—
Cendres d'un cancer de la lèvre (4)	3,00	—

884. — Ce principe ne se trouve jamais à l'état solide, et persiste pendant toute la durée de la vie. Il est toujours à l'état liquide, dissous directement dans l'eau, car il est très soluble, et conserve dans l'économie les caractères qu'il manifeste toutes les fois qu'on le met au contact des réactifs.

(1) Von Bibra, *Arch. für physiol. Heilkunde*, von Roser und Wunderlich, 4e année, 1846, p. 536-581.

(2) Boudet, *Rech. sur la composit. chimiq. du parench. poumon.* (*Journ. de pharm.*, 1844, t. VI, p. 335).

(3) Poggiale, *Recherch. chimiq. sur le sang* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXV, p. 110).

(4) De Bibra dans Heyfelder, *Das chirurgische Augenkranken-Clinicum der Universitæt Erlangen von 10 October* 1846, *bis, zum 30 September* 1847. Oppenheim's Zeitschrift, 1848.

Il est probable que partout où il existe en présence du sulfate de potasse, il est mêlé à lui, et probablement aussi ils sont unis, par dissolution, à l'albumine ou à d'autres principes dont ils tendent à maintenir la fluidité. Ce sel empêche en effet la fibrine de se coaguler.

Par son état liquide, sa solubilité, ce sel concourt à former la substance organisée, et y joue un rôle important. Ce rôle repose principalement sur sa propriété de conserver intacts, avec toute leur élasticité, les globules sanguins ; sur sa propriété de maintenir liquide, d'empêcher la coagulation et de dissoudre la fibrine du sang ; fait qui porte à penser qu'il a une action analogue sur les principes azotés non cristallisables.

Du reste, aucune étude rationnelle et méthodique n'a été faite, de l'influence dissolvante réciproque des sels d'origine inorganique qu'on trouve dans l'économie sur les divers principes immédiats cristallisables ou non. On trouve bien dans les livres des expériences faites à l'aide des sels minéraux qui coagulent, détruisent ou colorent ces différents principes ; mais on ne rencontre aucune étude analogue faite à l'aide des principes immédiats pris isolément et mis au contact les uns des autres, de manière qu'on puisse ensuite se rendre compte du mode d'après lequel ils se réunissent pour constituer la substance organisée. C'est qu'en effet les expériences de ce genre sont longues, minutieuses, ne donnent aucun résultat qui soit frappant par ses caractères extérieurs ; elles conduisent seulement à voir que tel principe immédiat en dissout d'autres en plus ou moins grande proportion, et précisément de ceux qui se trouvent avec lui dans les mêmes humeurs, les mêmes tissus ; fait qui se trouve être une condition d'existence de ces tissus et humeurs, et dont il est indispensable de connaître les lois. Elles conduisent à reconnaître que beaucoup de principes d'origine organique ne cristallisent pas, quand on évapore leur solution, et cristallisent au contraire, quand on les a séparés et dissous par l'alcool, l'éther, etc.

Or, nous savons que, à deux ou trois exceptions près, nul principe n'est à l'état cristallin dans l'économie animale. Il est donc remarquable, mais tout naturel d'arriver à constater expérimentalement que ceux que l'eau ne dissout pas directement sont maintenus à l'état liquide indirectement par les sels qu'elle tient en dissolution ; liquidité qui est une condition d'existence des phénomènes de nutrition, c'est-à-dire du double mouvement continu de composition et de décomposition.

Tous ces faits sont peu frappants par eux-mêmes, aussi sont-ils peu étudiés ; néanmoins ce sont autant de conditions d'existence de la substance organisée, et par suite des phénomènes vitaux. Aussi serait-il indispensable de connaître les lois d'aprés lesquelles ils se passent ; de connaître les conditions dans lesquelles tel principe en présence de tel autre se dissout ou ne se dissout pas, se dissout en petite ou en grande proportion ; forme avec eux une dissolution fluide ou visqueuse, ou bien une combinaison plus ou moins solide.

885. — L'origine du sulfate de soude de l'économie ne peut pas être très nettement précisée. Il est probable qu'il est introduit en grande partie avec les aliments tant solides que liquides, sous forme même de sulfate de soude.

On ne peut nullement savoir s'il y en a de formé pendant les phénomènes de nutrition, par décomposition désassimilatrice des matières albumineuses et décomposition du carbonate de soude.

D'autre part, les proportions assez considérables de ce sel qu'on trouve dans les urines montrent que c'est par cette voie que s'échappe l'excédant apporté par les aliments sur la quantité qui est nécessaire à l'économie animale.

886. — On a étudié les variations qu'éprouvent dans quelques maladies les sulfates des urines. Les résultats obtenus se rapportent à la fois au sulfate de potasse et à celui de soude. Heller a trouvé que, dans les maladies inflammatoires, la quantité de sulfate contenue dans l'urine augmentait. La proportion de ces sels diminue, au contraire, dans la chlorose et les maladies chroniques.

887. — *Extraction.* Nos connaissances sur l'état et l'existence des sulfates alcalins sont loin d'être aussi positives qu'elles le sont pour la plupart des autres principes d'origine inorganique, comme le sel marin, les phosphates, etc. En effet, les sulfates n'ont jamais été extraits des humeurs ou tissus à l'état isolé, de manière à en permettre l'examen direct au moyen du microscope ; il a fallu, pour constater leur existence, calciner le résidu qui les contenait. On reconnaît aussi les sulfates dans l'urine en ajoutant à ce liquide un sel soluble de baryte. Le précipité formé est traité par de l'acide chlorhydrique qui laisse intact le sulfate de baryte. On peut ainsi par ce procédé estimer la quantité d'acide sulfurique combiné dans l'urine, mais rien ne nous dit si cet acide sulfurique était combiné ou à la soude, ou à la potasse, ou à la chaux, ou à la magnésie ; ces quatre sels peuvent même exister à la fois dans l'urine. Les essais, pour reconnaître ces sels directement au moyen du microscope, sont restés sans résultats, les sulfates se trouvant en proportion trop minime à côté des autres sels, tels que le chlorure de sodium et les phosphates alcalins ; ces sels possèdent tous à peu près le même degré de solubilité dans l'eau et l'alcool. Les réactifs qui pourraient décomposer les phosphates décomposent aussi les sulfates ; les circonstances rendent donc la séparation des sulfates presque impossible. Le dosage de sulfate se fait aussi par le même procédé ; on pèse seulement le précipité de baryte qui a été formé, et on le rapporte au poids ou de la masse primitive, ou au poids des cendres obtenues par la calcination. Très souvent le sulfate de soude est obtenu artificiellement à l'état cristallin dans diverses analyses des humeurs ou des tissus ; principalement quand on sépare la soude à l'aide de l'acide sulfurique des corps gras auxquels on l'a combinée.

Historique.

888. — Rouelle le cadet est le premier qui ait trouvé du sulfate de soude dans l'urine (1) ; Schèele et Gmelin (2), après lui, indiquèrent le sel de Glauber dans ce liquide. M. Thénard (3) indiqua dans la bile la présence du sulfate de soude, mais depuis il a été reconnu que ce principe n'existe pas dans ce liquide, et résulte du procédé employé, la calcination. Celle-ci détermine la formation d'acide sulfurique à l'aide du soufre des principes de la bile, et cet acide se combine à la soude des cholates et choléates. Brandes (4) en a trouvé dans l'urine de cheval et dans celle

(1) Rouelle cadet, *Journal de méd. de Vandermonde*, 1771, t. XXXVI.
(2) Schèele, *Mém. de l'Acad. roy. de Suède*, 1775-1776, t. XXXVI, p. 327. — Gmelin, *Grundriss der algemeine Chemie*. Gœttingen, 1789, t. II, p. 730.
(3) Thénard, *Mémoire sur la bile* (*Annales de chimie*, 1807, t. LXIII, p. 103).
(4) Brandes dans Hatchet, *Lettre à M. Home sur l'urine des chameaux et de quelques autres herbivores* (*Ann. de chimie*, 1808, t. LXVII, p. 266).

d'âne; M. Chevreul, dans celle du chameau. Fourcroy et Vauquelin trouvèrent également du sulfate de soude dans l'urine, mais non constamment (1). M. Thénard y trouva peu après le même sel (2). En 1812, Berzelius en fixa la quantité à 3,16 pour 1000 (3). A peu près à la même époque, John en indiqua dans la substance cérébrale du veau (4). Nous avons, chemin faisant, cité les auteurs qui, depuis lors, ont apporté plus de précision à nos connaissances sur ce principe immédiat du sang, de l'urine, des muscles, etc. Nous pouvons, par conséquent, éviter de répéter de nouveau les résultats auxquels ils sont arrivés et que nous avons mentionnés. Il faut dire, toutefois, que M. Lassaigne (5) a trouvé aussi beaucoup de sulfate de soude dans l'eau allantoïdienne de la vache, et pas de sulfate de potasse. C'était l'inverse pour celle de la jument. Enfin, Enderlin a trouvé de 2 à 4 pour 100 de sulfate de soude dans les cendres du sang d'homme, de bœuf, etc. (6). Mais cette quantité est tellement considérable, surtout comparativement à ce qu'ont trouvé les autres auteurs, que nous n'avons pas dû mentionner ce travail parmi ceux qui ont pu nous apporter quelques nouvelles connaissances très positives. Lehmann (7) a trouvé par de nombreuses expériences que la moyenne des sulfates sécrétés en un jour était de 7gr.,026, pour une nourriture mélangée; une nourriture purement animale, et continuée pendant douze jours, éleva la quantité des sulfates sécrétés en un jour à 10gr.,399, tandis que, pour une nourriture exclusivement végétale, la quantité de sulfates excrétés ne fut plus que de 5gr.,846. Ces chiffres indiquent la quantité de sulfates sécrétés, mais ne nous disent pas sous quelle forme ces sels se présentaient dans l'urine. Cependant l'analyse des cendres prouve que le sel qui en représente la plus grande proportion est le sulfate de soude.

(1) Fourcroy et Vauquelin, *Premier mémoire pour servir à l'hist. natur., chimique et médicale de l'urine humaine* (*Ann. de chimie*, 1799, t. XXXI, p. 48). — *Deuxième mémoire pour servir*, etc. (*loc. cit.*, 1799, t. XXXII, p. 80 et 113). — *Sur l'analyse de l'urine humaine* (*loc. cit.*, p. 211). — *Sur l'anal. des calculs urinaires humains* (*loc. cit.*, p. 212).

(2) Thénard, *Mém. sur l'anal. de la sueur, l'acide qu'elle contient, et sur les acides de l'urine et du lait* (*Ann. de chimie*, 1806, t. LIX, p. 262).

(3) Berzelius, *loc. cit.*, 1812, et *Annales de chimie*, 1812, t. LXXXIII, p. 241.

(4) John, *Chemische Schriften*, 1813, t. IV, p. 228.

(5) Lassaigne, *Nouv. recherch. sur la composit. des eaux de l'allant. et de l'amnios de la vache* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1821, t. XVII, p. 295).

(6) Enderlin, *Rech. chim.-physiol.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. XLIX, p. 317, et t. L, p. 53).

(7) Lehmann, *Lehrbuch der physiol. Chemie*, 1850, Bd. I, f. 455.

CHAPITRE XXIII.

SULFATE DE POTASSE.

Synonymie : *Sel de duobus, sel polychreste de Glaser, tartre vitriolisé.*

889. — L'histoire du sulfate de potasse se confond presque entièrement avec celle du sulfate de soude. Ce sel se rencontre dans les mêmes régions de l'économie, et manque partout où est absent le premier. Toutefois ils n'existent pas en mêmes proportions. De plus, nous trouverons le sulfate de potasse en assez grande quantité dans l'urine des herbivores, tandis que le sulfate de soude n'y a pas été signalé.

890. — Quoique l'exactitude des chiffres indiquant la quantité de sulfate de potasse ne soit pas plus certaine que pour le sel de Glauber existant dans l'organisme, en raison des chances d'erreurs du procédé qu'on emploie, la calcination, nous allons néanmoins donner les résultats obtenus par divers savants.

Quelques auteurs indiquent la présence du sulfate de potasse dans le sang et dans les matières fécales, mais tous n'en précisent pas la quantité.

Urine (Berzelius)...............	3,71 p. 1000.
Urine (Simon)..................	3,00 —
Urine (*Id.*)......................	3,51 —
Urine de carnivores (Hyeronymi)..	1,20 —
Urine de cheval (Boussingault)....	1,18 —
Urine de vache (*Id.*).............	3,60 —
Urine de porc (*Id.*)...............	1,98 —
Cendres du cartilage (Frommherz).	1,20 p. 100.
Urine de veau (Braconnot).......	0,44 p. 1000.
Urine de mouton (*Id.*)...........	3,74 p. 1 litr.

Le reste comme au chapitre précédent.

891. — *Historique.* Le premier auteur qui ait parlé du sulfate de potasse dans l'économie paraît être Wiegleb qui en signala l'existence dans le sang de bœuf en 1774 (1); puis Westrumb qui en a trouvé dans le sang humain (2); Proust (3), puis M. Thénard, en firent ensuite connaître l'existence dans

(1) WIEGLEB, *Versuchen über die alcal. Salze.* Berlin, 1774, p. 199.
(2) WESTRUMB, *Journ. de chim. de Crell*, 1784, t. XII, p. 140.
(3) PROUST, *Expériences sur l'urine* (*Ann. de chim.*, 1800, t. XXXVI, p. 258).

l'urine (1). Berzelius, après eux, en détermina la quantité; ce sont ce résultats que nous avons donnés (2) plus haut. John a trouvé du sulfate de potasse dans la chair musculaire de bœuf (3). On est étonné, en voyant que ce tissu renferme plus de chlorure de potassium que de sodium, de ne pas trouver ce résultat confirmé par les auteurs qui lui ont succédé. Peut-être a-t-on pris pour du sulfate de soude le sulfate de potasse lui-même. Ces analyses sont par conséquent à refaire. Rouelle le cadet avait trouvé une grande quantité de ce sel dans l'urine de vache et de cheval; il l'appelle, en terme d'ancienne chimie, *tartre vitriolisé* (4). Il en trouva ensuite dans celle du chameau (5). Weber en trouva aussi dans celle de vache peu de temps après (6). Brandes (7) et M. Chevreul (8) vérifièrent ensuite ces observations. Vauquelin en signale dans l'urine du lion comme représentant une forte proportion des sels qui s'y trouvent, et il en indique également dans l'urine du castor (9). Ces recherches ont depuis été confirmées par celles de M. Boussingault chez les herbivores (10), Simon (11) et autres auteurs que nous avons cités dans le cours de ce chapitre. Enfin Bence Jones en indique 2,10 pour 1000 dans l'urine d'un individu atteint d'ostéomalacie (12). Marcet en indique 9,35 pour 1000 dans le sang, mais seulement parce qu'il suppose que l'acide sulfurique a plus d'affinité pour la potasse que pour les autres alcalis (13).

CHAPITRE XXIV.

SULFATE DE CHAUX.

Synonymie : *Sélénite, gypse, chaux sulfatée.*

892. — On a trouvé le sulfate de chaux dans les matières

(1) Thénard, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1806, t. LIX, p. 278).

(2) Berzelius, *loc. cit.*, 1812.

(3) John, *Laborat. chimiq.*, 1808, t. I.

(4) Rouelle, *Journ. de méd. de Vandermonde*, 1771, t. XXXVI.

(5) Rouelle, *loc. cit.*, 1777.

(6) Weber, *Magas. physique et chim.*, 1780, cah. IX, p. 120.

(7) Brandes, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 266).

(8) Chevreul, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 302).

(9) Vauquelin, *Anal. compar. de l'urine de div. anim.* (*Ann. de ch.*, 1812, t. LXXXII, p. 197).

(10) Boussingault, *loc. cit.* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845).

(11) Simon, *Beitraege zur phys. und pathol. Chemie*, in-8°, 1843.

(12) Bence Jones, *Anal. d'une urine pathologique* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1848, t. XLVII, p. 97).

(13) Marcet, *A chemical account of various dropsical fluids; with remarks on the nature of the alcaline matter contained in these fluids, and on the serum of the blood* (*Medico-chirurg. transact.*, London, 1817, t. I, p. 347-372).

fécales, dans le sang, dans les os rachitiques (Bostock et Proesch); mais le fait n'est pas très positif. M. Chevreul et Marchand en ont trouvé dans les cartilages du squelette des *Squales*. Plusieurs auteurs en indiquent un peu dans des calculs biliaires (1), où il se trouve avec du carbonate et du phosphate de la même base. Nous verrons plus loin qu'il y en a peut-être dans le suc pancréatique. Enderlin a souvent constaté dans le sang des traces sensibles de sulfate de chaux; il pense qu'il pénètre avec les matières végétales et les boissons, mais ne vient pas de l'oxydation du soufre de la protéine (2). On ne peut admettre comme absolument certains tous les documents contenus dans les livres, car il se forme pendant l'incinération de l'acide sulfurique, aux dépens du soufre des substances azotées, acide qui décompose le carbonate de chaux qui se trouve dans les mêmes tissus.

893. — Il est probable que ce principe est tenu à l'état de dissolution dans les humeurs par les différents sels alcalins que nous venons de décrire, et qu'il concourt avec eux à former la substance organisée.

894. — Il tire son origine de celui qui est toujours contenu en petite proportion dans les eaux potables. Quant à son issue hors de l'économie, elle a lieu peut-être en petite proportion par les urines, ou bien il se décompose dans l'économie en quelque autre sel de chaux et en l'un des sulfates que nous venons d'étudier.

Il serait du reste inutile de faire plus d'hypothèses sur ce sujet et sur le rôle que ce sel peut remplir dans l'économie, avant que par des procédés moins sujets à erreurs et par une étude plus rationnelle des principes, son existence ait été mieux constatée.

895. — *Extraction*. Le sulfate de chaux se reconnaît très bien dans les liquides animaux par la forme de ses cristaux. En effet, ce principe

(1) Schmidt, *Sur certains calculs biliaires* (*Chemical gazette*, 1845, p. 423). — Wackenroder, *Sur les concrét. biliaires* (*Chemical gazette*, 1845, p. 424).

(2) Enderlin, *Rech. chimico-physiol.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. XLIX, p. 317, et t. L, p. 53).

est un de ceux qui cristallisent le mieux, et cela dans les liqueurs les plus complexes. Son peu de solubilité dans l'eau le fera aisément distinguer des substances qui cristallisent d'une manière analogue, comme le lactate de chaux, par exemple.

Lorsqu'on maintient le suc pancréatique à une température de 40 à 45 degrés, il se modifie rapidement, et au bout de quelques heures il est complétement altéré, c'est-à-dire qu'il répand une odeur nauséeuse dans laquelle perce celle d'hydrogène sulfuré, et perd la propriété de se coaguler par la chaleur. Il reste néanmoins alcalin. Pendant l'été, dans les temps orageux, cette altération du suc pancréatique s'opère en peu d'instants (Cl. Bernard). Le dépôt blanc qui apparaît au moment de l'altération du fluide pancréatique présente un aspect soyeux particulier, signalé avec soin par M. Cl. Bernard. Il compare les aiguilles qui donnent à ce dépôt cet aspect aux cristaux de margarine ou d'acide margarique (1). Vues à un faible grossissement, ces aiguilles, ou mieux ces groupes d'aiguilles, pourraient en effet ressembler à des cristaux de ces corps gras, parce qu'en effet à un trop faible grossissement toutes les aiguilles cristallines quelconques, ou les groupes qu'elles forment, se ressemblent. Mais en examinant ces corps avec un pouvoir amplifiant convenable, on constate très facilement des différences considérables. Sans parler des caractères qu'on peut tirer de la solubilité ou de l'insolubilité de ces groupes cristallins dans l'éther, on reconnaît tout de suite que les aiguilles qui se forment dans le suc pancréatique sont bien plus grandes que celles de la margarine ou de la stéarine. Il suffit pour cela de comparer les planches que nous en donnons, dont les premières sont figurées à 100 diamètres, tandis que celles de la stéarine et de la margarine sont dessinées en se servant d'un pouvoir de 350. Ces aiguilles sont en même temps plus roides, les amas qu'elles forment sont noirs et non jaunâtres, plus volumineux et d'une autre forme. Il est facile, en un mot, de reconnaître là les amas cristallins du sulfate de chaux. De plus, ces corps ne brûlent pas; ne brûle que la substance azotée qu'on entraîne en les retirant du liquide, et celle-ci, en brûlant, ne boursoufle pas le sel comme lorsqu'il s'agit d'un sel d'origine organique que le feu décompose.

Nous avons observé ces cristaux dans du suc pancréatique du chien (fig. 1, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*), retiré par M. Cl. Bernard, qui a constaté avec nous les faits suivants, et dans celui du veau (pl. VI, fig. 1, *a*, *b*, *c*, *d*), obtenu par M. Colin, chef des travaux anatomiques d'Alfort. Les groupes d'aiguilles cristallines sont la plupart visibles à l'œil nu, ayant 0,10, à 0,30; quelquefois ils sont réunis ensemble et offrent alors des configurations très variables (*a*, *b*, *d*). Vus par transparence, ils sont noirs et opaques, formés par des aiguilles s'irradiant autour d'un centre. Il est à remar-

(1) Cl. Bernard, *Du suc pancréatique et de son rôle dans les phénom. de la digest.* (*Arch. gén. de méd.*, 1849, t. XIX, p. 60-71).

quer tout de suite que ces amas sont deux à trois fois plus gros que ceux, quelquefois un peu analogues par la forme, que donne le lactate de chaux. La circonférence de la masse opaque est dépassée par les aiguilles bien plus que dans les masses de lactate calcaire retirées de l'urine de cheval. (Comparez la pl. VI, fig. 1, dessinée à 100 diam., à la pl. IX, fig. 2, dessinée à plus de 250 diam.) Le fait est plus prononcé dans les cristaux que contient le suc pancréatique du chien (*e*, *f*, *g*, *h*, *i*) que dans ceux du suc pancréatique de veau (*a*, *b*, *c*, *d*). Chez le chien on trouve beaucoup de groupes d'aiguilles très allongés, opaques, étranglés par le milieu ; quelquefois deux de ces groupes se croisent à angle droit ou aigu (*g*, *h*). Toujours ils sont remarquables par la longueur de la portion libre des aiguilles qui dépasse la masse opaque. Toutes ces différences ne sauraient être constatées avec un trop faible grossissement, et le deviennent d'autant plus que le grossissement employé est plus grand jusqu'à 3 et 400. La finesse et l'élégance de ces aiguilles donne à ces groupes un aspect très remarquable. Les uns et les autres de ces amas peuvent se briser assez facilement par écrasement. Enfin, nous noterons que dans le lactate de chaux et dans le lactate de baryte, les aiguilles se terminent davantage toutes au même niveau, et quand elles dépassent la circonférence, c'est par places, et non dans toute son étendue. Les groupes accumulés ont dans le lactate un aspect plutôt d'un blanc laiteux, un peu mat, que soyeux, et ils ne pourraient flotter sans se dissoudre, dans une quantité de liquide aussi considérable que celle qui maintient en suspension le sulfate de chaux pendant des mois sans changement dans les amas cristallins.

Le mode de groupement des aiguilles du sulfate de chaux varie un peu chez le même animal, suivant qu'on recueille du suc pancréatique au commencement ou à la fin de la digestion. C'est ainsi, par exemple, que les groupements les plus petits (*i*, *e*, *f*) sont plus nombreux dans le suc retiré vers la fin de la digestion que pendant qu'elle est en pleine activité. Nous avons vérifié ce fait sur le suc pancréatique retiré par M. Cl. Bernard, qui a observé ce fait le premier. Cette particularité est importante à signaler, pour qu'on ne soit pas porté à considérer comme espèces différentes des cristaux qui ne varient que par la manière dont ils s'arrangent les uns par rapport aux autres; du reste, beaucoup de groupes restent semblables à ceux que nous venons de décrire, et prises à part, les aiguilles conservent du reste chacune le même aspect.

Il est probable que la matière azotée du liquide pancréatique empêche la double décomposition entre les sels de chaux et de soude de ce liquide, comme les substances albumineuses du sang empêchent la double décomposition du lactate de fer et du cyanure de potassium injectés dans ce liquide; mais au moment où celle-ci entre en putréfaction, ce qui est indiqué par l'odeur putride, la double décomposition qui a pour résultat la formation du sulfate de chaux s'opère.

Historique.

896. — Depuis très longtemps Cadet a signalé la présence du sulfate de chaux dans la bile, mais depuis longtemps aussi le fait a été reconnu comme erroné (1). Sage est le premier qui en ait signalé dans les excréments, qui, du reste, étaient déjà en voie de putréfaction (2). En général, on n'a trouvé de sulfate de chaux dans les os que lorsqu'ils étaient fossilisés ou avaient séjourné en terre; cependant Hatchett en signale dans les os non fossiles des quadrupèdes, mais des traces seulement (3), fait qui n'a pas été confirmé depuis. D'après M. Chevreul (4), il y aurait des traces de sulfate de chaux dans l'urine du chameau et celle du cheval. Stief dit aussi en avoir trouvé dans un calcul urinaire du cheval. Ohme en indique 3,50 pour 100 dans un calcul urinaire trouvé également sur un cheval (5). Dans un calcul urinaire de porc, Bley et Diesel disent avoir trouvé non pas du sulfate de chaux, mais du sulfure de calcium (6). C'est le seul fait de ce genre qu'on connaisse. Fourcroy pense que les auteurs qui ont parlé du sulfate de chaux des urines se sont laissé induire en erreur par le phosphate de cette base (7).

CHAPITRE XXV.

SOUS-PHOSPHATE DE CHAUX, OU PHOSPHATE DE CHAUX BASIQUE.

Synonymie : *Phosphate de chaux des os*, etc., 3 PhO^5CaO, *sel phosphorique calcaire, chaux phosphatée, terre des os, phosphate calcaire.*

897. — Il n'existe aucun tissu, aucune humeur du corps de l'homme et des mammifères, qui, réduite en cendres, ne laisse reconnaître dans sa composition une quantité plus ou moins considérable de phosphate de chaux. On sait que les os ont pour principe constituant principal, quant à la masse, cette substance; mais, en outre, nous trouverons des phosphates dans tous les tissus et humeurs. Toutes les incrusta-

(1) Cadet, *Expér. sur la bile de l'homme et des anim.* (*Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, 1767, p. 471, et 1769, p. 66).

(2) Sage, *Algem. Journal der Chemie* von Scherer, 1796, t. III, p. 198.

(3) Hatchett, *Philos. transact.*, 1799, p. 327.

(4) Chevreul, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 302).

(5) Ohme, *Anal. d'un calcul urin. de cheval* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCII, p. 287).

(6) Bley et Diesel, *Anal. d'un calcul de porc* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCII, p. 283).

(7) Fourcroy, *Syst. des conn. chimiq.*, in-8°. Paris, an x, t. X, p. 135.

tions et les dépôts calcaires, ainsi que beaucoup de calculs urinaires, les graviers et le sable de la gravelle phosphatique, renferment du phosphate de chaux.

898. — Ce principe est toujours à l'état amorphe dans l'organisme ; cependant nous avons vu, dans des concrétions de la membrane jaune des artères poplitées et crurales, des cristaux dérivant, autant qu'on le pouvait voir du moins, du prisme rectangulaire droit, taillés en biseau ou en pyramide à leur sommet, qui, selon toutes probabilités, n'étaient que des cristaux de phosphate de chaux, car ils ne se dissolvaient que dans les acides et sans effervescence. Nous n'avons, du reste, pas vu de cristaux assez entiers pour être sûrs de la détermination du type cristallin que nous donnons.

M. Lebert en a trouvé de semblables dans le pus qui recouvrait la face interne de l'excavation d'un corps de vertèbre cariée. Nous empruntons le dessin de ces cristaux à son atlas inédit (voy. pl. II, fig. 4). Dans ces diverses circonstances, la surface des cristaux est généralement rugueuse, et les arêtes sont souvent émoussées. On peut les distinguer, par leur forme et le mode de leurs décroissements, des cristaux de phosphate, de magnésie, ou, plus souvent, de phosphate ammoniaco-magnésien qui les accompagne quelquefois; qui même peut exister sans eux, surtout quand le foyer purulent répand une odeur très fétide.

L'urine des cochons d'Inde doit assez souvent son aspect trouble, laiteux, à du phosphate de chaux en suspension dans le liquide sous forme de très petites granulations moléculaires. M. Bouley, professeur à l'école d'Alfort, nous a remis des calculs du canal de l'urètre des jeunes agneaux ; leur formation a amené une assez grande mortalité dans le troupeau de mérinos de Rambouillet, qui était nourri surtout avec de l'avoine. Analysés dans notre laboratoire par M. W. Marcet, ils ont été trouvés formés entièrement de phosphate de chaux. Chez les adultes, ils sont quelquefois formés de phosphate ammoniaco-magnésien.

Le phosphate de chaux forme habituellement la surface

extérieure des pierres vésicales un peu grosses ; il remplit quelquefois les intervalles des calculs mûraux. C'est lui qui forme la plupart des calculs qui ont pour noyau un corps étranger introduit dans la vessie, ainsi que ceux du prépuce ; c'est lui qui se dépose sur les instruments qu'on est obligé de laisser séjourner un peu dans la vessie. Il forme souvent à lui seul ou avec le phosphate ammoniaco-magnésien le sable urinaire. Quelquefois il forme le noyau des calculs dont les couches sont formées d'acide urique, soit seul, soit alternant avec d'autres principes, avec ce phosphate de chaux lui-même.

Les calculs prostatiques sont formés par ce principe presque seul. Brugnatelli a trouvé un calcul utérin volumineux, qui avait pour noyau un tibia de poulet formé par ce même sel ; un autre avait pour noyau du phosphate ammoniaco-magnésien et pour couche extérieure le sel dont nous parlons. Une concrétion trouvée dans le vagin d'une femme âgée était constituée par ce sel et un peu de matière animale (1).

899. — Ce principe forme donc une partie considérable de la masse cubique du corps des ostéozoaires ; mais cette masse n'a pas été déterminée d'une manière précise, et l'on ne saurait l'indiquer. Il en est de même, par conséquent, relativement au poids absolu et relatif de ce principe immédiat.

La quantité de phosphate de chaux varie beaucoup dans les divers tissus et les humeurs. Dans les os, il y en a de 48 à 59 pour 100; mais, dans quelques cas morbides, il n'y en a que 30 pour 100. Les fibres musculaires desséchées en renferment de 0,93 à 1 p. 100. Déjà nous avons vu que l'albumine du sang qui se coagule en retient 1,80 pour 100, et la fibrine du sang veineux de l'homme, 0,69 pour 100. Les cendres de l'urine, d'après Fleitmann, en renferment 2,57 pour 100, et celles des excréments humains solides, 12,78 pour 100.

Ce n'est pas seulement dans chaque tissu et humeur que la quantité de ce sel varie ; mais de Bibra a reconnu encore qu'elle diffère suivant les conditions physiologiques où se trouvent placés les différents organes d'un même système. Plus

(1) Brugnatelli, *Litologia umana*. Pavia, 1819, in-fol.

un organe est soumis à des influences mécaniques ou remplit des usages de ce genre, plus il renferme de phosphate de chaux. C'est ainsi que les os des membres inférieurs en renferment plus que ceux des supérieurs, et pour le même poids; tous ces os contiennent plus de phosphates que les côtes ou autres os ayant des usages plus passifs encore.

Il faut savoir, du reste, que si le phosphate de chaux peut varier dans les différents os, la proportion des principes d'origine minérale reste constamment la même, quels que soient l'âge de l'individu et la disposition compacte ou spongieuse du tissu; si le phosphate diminue dans quelques os des diverses régions du corps, il y a augmentation des autres sels. Ce fait ne doit pas étonner quiconque possède une idée nette des notions bien distinctes d'élément anatomique, de tissu, de système d'organe et d'appareil. La *substance*, *l'élément anatomique* osseux ne saurait faire exception à la loi de composition des autres *éléments anatomiques*, qui tous sont composés des mêmes proportions de principes immédiats *des différentes classes*; pris en masse pour chacune de ces classes, ils ne varient pas ou ne le font que dans des limites tellement restreintes, qu'on ne sait si vraiment cela n'est pas dû aux accidents inévitables dans l'expérience. C'est là une condition d'existence des corps organisés, que cette constance dans la proportion des principes immédiats de chaque classe; il n'y a exception que pour les humeurs purement excrémentitielles comme l'urine. C'est plus tard, en traitant de l'ostéine, que nous aurons à signaler que la proportion des principes d'origine minérale qui se fixent à elle reste constamment la même, bien plutôt qu'à propos du phosphate de chaux; mais nous avons dû en faire mention ici, parce que ce principe forme à lui seul la plus grande masse de ces principes. Dans l'ostéomalacie, ce n'est donc pas le phosphate et les autres sels qui s'en vont seuls, laissant le cartilage de l'os; c'est l'élément osseux tout entier qui est résorbé, qui disparaît, d'où résultent des changements de *texture*, puis des modifications de forme du *système*, avec altération de ses usages généraux; d'où

résulte enfin une diminution de consistance plus ou moins grande de tel ou tel *os*: c'est-à-dire que c'est ici l'organe qui est devenu moins résistant, par suite de la disparition de l'élément qui a modifié le tissu, etc...; c'est-à-dire, enfin, que dans un os, *l'élément osseux* peut être plus ou moins abondant et le *tissu médullaire* aussi, mais en sens inverse.

Nous allons donner les chiffres indiquant la quantité de ce principe immédiat qu'on rencontre dans chaque tissu et humeur de l'économie, tant à l'état normal que dans les conditions morbides :

Lassaigne	Cément dentaire	53,84	p. 100.
	Dents d'un enfant de 1 jour	51,00	—
	— de 6 ans	60,01	—
	Dents d'adulte	61,00	—
	Dents d'un vieillard de 81 ans	66,00	—
	Dents de devant d'un lapin	59,50	—
	Molaires d'un lapin	63,70	—
	— de sanglier	63,00	—
	Défenses de sanglier	69,00	—
	— d'hippopotame	72,70	—
	Molaires de cheval	62,00	—
	Dents de devant du cheval	50,30	—
	— du bœuf	64,00	—
Berzelius	Émail d'homme	88,50	—
	— de bœuf	85,00	—
	Ivoire dentaire humain	64,30	—
	— de bœuf	63,15	—
Os (Berzelius)		53,04	—
Os (*Id.*)		57,35	—
Os (Marchand)		52,26	—
Barros	Os de lion	95,00	—
	Os de mouton	80,00	—
	Os de poule	88,00	—
Lassaigne	Cal (l'extérieur)	32,50	—
	Cal (l'intérieur)	33,50	—
	L'os	40,00	—
	Os frais	41,60	—
	Os condensés	36,30	—
	Exostose	30,00	—
Vertèbre de rachitique (Bostock)		13,60	—
— — (Proesch)		13,25	—
Côte de rachitique (*Id.*)		33,66	—

	Os secs. p. 100.	Os frais. p. 100.
Morceau sain d'une côte de cheval près d'une masse calleuse (Valentin)	81,99	43,21
Masse calleuse de cette côte	79,85	41,91
Métatarse sain du cheval	82,47	54,29
Exostose du tarse de ce cheval	74,55	42,54
Substance compacte saine du tibia d'un homme de trente-huit ans	85,40	52,93
Substance spongieuse du même	83,31	47,01

Carie du tibia d'un homme de même âge	77,93	34,38
Condyle externe du fémur gauche sain d'une fille de dix-huit ans	82,58	37,01
Condyle externe du fémur gauche carié de la même	86,37	39,39
Tête saine du tibia droit de la même	81,21	41,77
Tête cariée du tibia gauche de la même	83,58	45,45
Croûte sécrétée autour du tibia droit carié de la même	72,42	29,42
Carie d'une vertèbre dorsale d'un jeune homme de vingt ans	75,06	33,90

Cendres de chair de veau (Staffel) (1)	3,72	p. 100.
Urine (cendres) (Fleitmann)	2,57	—
Excréments (cendres (*Id.*)	12,78	—
Urine de cheval diabétique (John)	0,70	p. 1000.
Sperme humain (Vauquelin)	30,00	—
Cendres de l'urine de lièvre (2)	12,00	—
Tartre dentaire (Vauquelin et Laugier)	0,66	p. 100.
Concrétions salivaires d'âne (Caventou)	4,80	—
Concrétions salivaires de cheval (Henry)	4,40	—
Excréments (Berzelius)	4,00	—
Lait de vache (Haidlen) (3)	0,231	—
— (*Id*)	0,344	—
— (Pfaff et Schwartz)	1,805	—
Lait de femme (*Id*)	0,25	—
Cartilages (Frommherz et Gugert)	4,05	—
Albumine du sérum de bœuf (Berzelius)	1,80	—
Caséine (Mudler)	6,00	—
Calcul pancréatique (4)	80,00	—
Calcul du sac et conduit lacrymal (5)	9,00	—
Calcul salivaire (6)	38,20	—
— (7)	75,00	—
— (8)	4,10	—
— (8)	5,00	—
— (8)	4,20	—
Salive normale (8)	0,60	p. 1000.
Salive pathologique (8)	14,00	—
Sang artériel (9)	0,79	—
Sang veineux du même individu (9)	0,76	—

(1) Staffel dans Liebig, *loc. cit.*, 1852, p. 213.

(2) De Bibra, *loc. cit.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1845, t. LIII, p. 98).

(3) Haidlen, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1843, t. XLV, p. 263).

(4) Golding Bird dans Eckstein, *Bibliothek des Auslandes für die organisch-chemische Richtung der Heilkunde*, 1844.

(5) Bouchardat, *Annales d'oculistique*, août 1842.

(6) De Bibra, *Medic. Correspondenz Blatt für baierische Aerzte*, 1843.

(7) Golding Bird, *loc. cit.*, 1844.

(8) Wright dans Eckstein, *Bibliotek des Auslandes für die organisch-chemische Richtung der Heilkunde*, 1844, p. 57 et 173.

(9) Poggiale et Marchal (de Calvi), *Analyse du sang artériel et du sang veineux* (*Annuaire de chimie*, par Millon et Reiset, 1849, p. 564).

Sang d'homme avant l'emploi du sel marin..	(1)	0,67 p. 100.
— après l'emploi du sel marin.	(1)	0,72 —
Sang de bœuf..........................	(1)	0,50 —
Sang de vache..........................	(1)	0,96 —
Sang de veau..........................	(1)	0,83 —
Sang de mouton..........................	(1)	0,69 —
Sang de lapin..........................	(1)	0,52 —
Sang de chien..........................	(1)	0,53 —
Sang de chat..........................	(1)	0,57 —
Calcul salivaire d'homme.....	(2)	73,27 —
— —	(2)	68,10 —
Calcul du canal de Sténon, de cheval...	(3)	7,97 —
— — de bœuf....	(3)	5,84 —
Calcul du canal de Wirsung, de bœuf....	(3)	0,00 —
Concrétion artique de l'homme (4)........................		62,00 —
Ostéosarcome de l'humérus humain (5)................		0,29 —
Concrétion de l'œil d'un aveugle......................		3,00 —
Calculs biliaires (6)................................		1,30 —
Extrait aqueux de viande (7)........................		3,06 —
Égagropile de l'homme (8)........................		6,00 —
Calcul vésical de bœuf (9)........................		12,00 —
Phlébolithe de l'homme (10)........................		50,10 —
Encéphaloïde (Foy)..	(11)	6,30 —
Squirrhe — ..	(11)	16,60 —
Bézoards ou concrétions alvines de l'arc du côlon (12).....		45,34 —
Sérosité des vésicatoires (Margueron)........................		1,00 —

900. — Le sel dont nous parlons se trouve à l'état solide dans les os, les dents, les ongles, les poils. Quoique insoluble

(1) Poggiale, *loc. cit.* (*Comptes rend. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXV, p. 110).

(2) Schultze, *loc. cit.*, 1847 (*Journ. für prakt. Chemie*, 1847, t. XXXIX, p. 29).

(3) Furstemberg, *loc. cit.* (*Id.*, t. XXXIX, 1847, p. 33).

(4) Landerer, *loc. cit.* (*Repertor. für Pharm.*, 1847, t. XLV, p. 60).

(5) Roux, *loc. cit.* (*Journ. de chim. et pharm.*, 1847, t. XI, p. 427).

(6) Bley, *Calculs de la bile* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1844, t. III, p. 115).

(7) Keller, *Sur les élém. inorgan. de la chair musc.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXX, p. 91).

(8) Moride, *Sur un calcul intestinal* (*Journ. de chim. médic.*, 1849, t. V, p. 623).

(9) Girardin, *Anal. d'un calcul trouvé dans la vessie d'un bœuf* (*Journ. de chim. médic.*, 1849, t. V, p. 312).

(10) Schlossberger, *Anal. d'un calcul veineux* (*Ann. der Ch. und Pharm.*, 1849, t. LXIX, p. 255).

(11) Foy dans Lebert, *Traité prat. des maladies cancéreuses*, in-8°. Paris, 1851, p. 44.

(12) Children, *Sur quelques concrét. alvines trouvées, après la mort, dans le côlon d'un jeune homme habitant le Lancashire* (*Arch. gén. de méd.*, 1823, t. II, p. 148).

dans l'eau, il est à l'état liquide dans le sang et dans tous les autres liquides du corps des animaux, soit combiné avec des matières albumineuses, soit à l'état libre. Dans ce dernier cas, ce principe est à l'état liquide par dissolution indirecte, soit à l'aide de l'acide carbonique libre dans le sang, ou à l'aide des bicarbonates, ou bien il est dissous par le chlorure de sodium, qui a la propriété de dissoudre un peu de phosphate de chaux $PhO^5 (CaO)^3$.

Le phosphate de chaux des calculs est généralement friable tant qu'il est humide ; plus tard il devient dur en se desséchant. Il est généralement grisâtre ou blanc ; quelquefois d'un jaune sale. Dans certains calculs et graviers, soit rénaux, soit vésicaux, il peut, quand il est placé à la surface de la concrétion, devenir noir ou noirâtre, comme beaucoup d'autres principes qui entrent dans la composition des calculs.

901. — Pour constituer la substance des calculs ou des graviers et sables, ce principe est ordinairement uni à du phosphate ammoniaco-magnésien, à des urates alcalins, quelquefois à du carbonate de chaux, à la cystine, mais rarement à l'oxalate de chaux ou à la silice.

Dans les os, il est combiné à leur substance organique propre, ou osséine, et sans doute aussi avec les autres sels terreux, pour concourir avec eux à former la substance de ce tissu. Dans les humeurs et les divers tissus où il se trouve encore, il est tenu en dissolution par les sels alcalins, le sel marin, le chlorhydrate d'ammoniaque, et, comme nous l'avons vu, l'acide carbonique, qui ont en effet la propriété de le dissoudre. Dans les tissus et dans les humeurs autres que les os, il y en a d'uni, de combiné aux substances organiques, de la manière indiquée en traitant des caractères d'ordre chimique de cette tribu. Nous avons vu en effet plus haut que l'albumine du sang en retient 1,80 pour 100, la fibrine du sang veineux, 0,69 pour 100, et dans sa coagulation, comme on le sait, le caséum entraîne avec lui un peu des phosphates terreux.

Dans l'urine, ce principe est tenu en dissolution par le phosphate acide de soude et de chaux, et les autres sels de

soude ou de potasse dans lesquels il est un peu soluble. L'acide carbonique de l'urine concourt à le tenir en dissolution. M. Delavaud (1) a en effet montré qu'en faisant bouillir l'urine, elle se trouble et redevient claire par un courant de gaz carbonique, pour se troubler de nouveau par la chaleur.

902. — C'est par l'ensemble de ces caractères de liquidité, par dissolution dans les sels alcalins et combinaison d'autre part à des substances organiques, que ce principe concourt à former la substance organisée dans ses divers degrés de simplicité ou de complication. Tantôt il concourt à former des substances très simples, comme les humeurs que nous avons nommées, dont la plus simple est certainement l'urine ; d'autres fois il s'agit de substances des plus complexes, comme les solides, tels que les muscles, ou, mieux encore, les cartilages et les os, dont il constitue une grande masse.

Le phosphate de chaux tenu en dissolution dans les humeurs par les sels alcalins remplit sans doute, dans ces liquides, le même rôle que ceux-ci, c'est-à-dire le rôle de dissolvant indirect, par rapport aux principes cristallisables d'origine organique. C'est ce principe qui donne à plusieurs tissus de l'économie leur résistance, leur état solide, propriété physique de laquelle dérivent les principaux *usages* que remplissent, pour l'accroissement de chaque fonction, les organes qui sont formés par ces solides. Ce rôle est surtout manifeste dans le tissu osseux.

Dans la carie, les sels disparaissent en plus grande proportion que l'ostéine ; de tous les sels c'est toujours le phosphate basique de chaux qui prédomine ($3\,PhO^5 + 8\,CaO$). Le détritus renferme le même phosphate ; il est formé de 12,3 pour 100 de graisse, 24 pour 100 de cendres composées de phosphate de chaux, avec traces de chlorure de sodium, phosphate de soude et sulfate alcalin (2).

903. — Chez l'embryon, le phosphate de chaux lui est

(1) Delavaud, *Sur les variations d'acidité de l'urine* (*Comptes rendus et Mémoires de la Soc. de biologie*, Paris, 1851, p. 118).

(2) Valentin, *Repertorium f. Anat. und Physiologie*, 1838, p. 306.

transmis par endosmose avec les autres matériaux nutritifs fournis par le sang de la mère. Après la naissance, il vient de celui qui est contenu dans le lait, et peu après de celui des autres aliments. Chez les herbivores surtout, il y a une assez grande proportion de phosphates dans les aliments. Il existe dans la nature du phosphate de chaux des os (PhO^5+3CaO), lequel est soluble en petite quantité dans les chlorures alcalins.

La proportion assez considérable de ce sel contenue dans les urines montre suffisamment que c'est par cette voie que disparaît l'excès de phosphate introduit par les aliments, ainsi que celui qui, ayant fait partie des tissus et des humeurs, en sort par désassimilation et se trouve remplacé par celui apporté chaque jour par les substances alimentaires. On ne saurait admettre que la quantité assez grande de phosphate de chaux que contiennent les matières fécales soit due entièrement à celui que renferment les sucs intestinaux dont une portion reste mélangée aux résidus de la digestion sans être résorbée. Par conséquent, on ne peut pas considérer l'intestin comme une des voies essentielles d'élimination de ce principe, dont la portion qui se trouve dans les matières fécales ne peut être considérée principalement que comme un reste de celui que contenaient les aliments.

Une partie du phosphate de chaux basique change d'état spécifique dans l'économie en passant à l'état de phosphate acide ; mais on ne sait encore dans quelle région de l'organisme se passe le phénomène, ni exactement à quels acides d'origine organique ce sel cède une partie de sa base au fur et à mesure de la formation de ceux-ci.

904. — Le phosphate de chaux qui pénètre dans l'économie présente des phénomènes physiques d'endosmose, puis des actes chimiques directs de combinaison aux substances organiques des os et des autres parties du corps dans lesquelles il est fixé. Celui qui s'en va présente des actes de dissolution lors de sa désassimilation dans la substance des os, des muscles, etc., puis des actes physiques d'exosmose. Une partie, avons-nous dit, se décompose en phosphate acide, et alors présente des actes chi-

miques directs de décomposition par abandon d'une partie de sa base aux acides d'origine organique, au fur et à mesure de la formation de ceux-ci.

905. — *Extraction.* Pour extraire des os le phosphate de chaux, on traite ceux-ci par de l'acide chlorhydrique faible ; en neutralisant la solution par de l'ammoniaque, le phosphate des os se précipite.

Pour reconnaître la présence du phosphate de chaux et le distinguer des autres substances avec lesquelles il pourrait se trouver mélangé, il faut calciner la masse qu'on examine et la traiter par l'eau. La partie qui reste insoluble est dissoute par l'acide chlorhydrique ; si l'on ajoute à cette solution de l'ammoniaque, il se formera un précipité qu'on filtrera ; c'est dans ce précipité que se trouvera le phosphate de chaux ; en le redissolvant par un acide, et en ajoutant un sel de magnésie à la solution neutralisée par un excès d'ammoniaque, on obtiendra le sel de phosphate ammoniaco-magnésien, qu'il est aisé de reconnaître par sa solubilité dans l'acide acétique et sa forme cristalline si caractéristique.

Toutes les fois que l'urine par une cause quelconque devient alcaline, ce sel se précipite ; le cas a lieu aussi bien quand l'alcalinité est due à un commencement de putréfaction qu'indique son odeur, que dans les cas où elle reste sans odeur, quoique manifestement alcaline. Ce fait se présente quand l'urine a été sécrétée alcaline. Au microscope le dépôt se présente sous forme de granulations moléculaires amorphes, ou autrement dit sous forme pulvérulente. Il se dissout complétement par l'acide chlorhydrique étendu sans donner de cristaux d'acide urique, et se reforme avec le même aspect quand on sature l'acide par l'ammoniaque. Le sédiment amorphe de phosphate de chaux est très abondant dans la gravelle phosphatique, et c'est alors qu'on peut surtout bien constater les faits précédents. L'urine est toujours alcaline dans cette affection.

Historique.

906. — La présence du phosphate de chaux dans l'économie fut d'abord constatée dans les os. Hérissant (1), qui, un des premiers, avait séparé la matière animale de la substance terreuse des os, prit celle-ci pour analogue à la craie ; c'est ce que pensaient aussi Papin et Haller. Ce fut Gahn qui, en 1770, découvrit réellement le phosphate de chaux dans les os ; le fait ne fut publié qu'en 1776 (2), en sorte que Schèele, qui ne fit que perfectionner la méthode, surtout pour l'extraction de l'acide phospho-

(1) Hérissant, *Mém. de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1758.
(2) Gahn, *Edinburgh's medic. commentar.*, 1776, t. III, p. 1.

rique, mais publia ses recherches en 1771, eut les honneurs de la découverte (1). Ces recherches furent ensuite confirmées par beaucoup d'auteurs, entre autres par Crell (2), Gmelin (3), Hatchett (4), Proust, Mérat-Guillot (5), Fourcroy et Vauquelin (6), etc. Hatchett en avait aussi trouvé dans la substance des dents, soit ivoire, soit émail, fait toujours vérifié depuis. Après ces chimistes tous les auteurs ont confirmé cette découverte soit pour les os, soit pour les dents, en sorte qu'il est inutile d'insister plus longtemps sur elle. Il est à remarquer, toutefois, qu'après la découverte de Gahn et la publication des travaux de Schèele, Rouelle le cadet fit des expériences publiées en 1777 (7), d'après lesquelles il crut que les os étaient formés de phosphore et de chaux, opinion qui fut défendue par plusieurs chimistes à cette époque, mais qui fut réfutée par Crell (8) et n'a plus été soutenue depuis. La présence du phosphate de chaux fut ensuite constatée dans le lait par Stripriaan Luiscius et Bondt (9), fait vérifié plus tard par Baumé (10), Berzelius et autres. Schèele paraît être le premier auteur qui ait signalé la présence du phosphate de chaux dans l'eau de l'amnios (11). D'après Fourcroy (12), Haller en connaissait déjà l'existence. Vauquelin et Buniva (13) en trouvèrent également. Gmelin (14), Jacquin (15), Jordan (16), Fourcroy (17), John (18), et

(1) Schèele, *Mém. de l'Acad. royale de Suède*, 1771, t. XXXIII, p. 129.

(2) Crell, *Journ. de chim.*, 1778, t. I, p. 32.

(3) Gmelin, *Grundriss der Chemie*, 1789, t. II, p. 773.

(4) Hatchett, *Philos. transact.*, 1799, p. 243.

(5) Mérat-Guillot, *Anal. comparée des os de l'homme avec ceux de différ. animaux* (*Ann. de chim.*, 1800, t. XXXIV, p. 68).

(6) Fourcroy et Vauquelin, *Sur la présence d'un nouveau sel phosphorique terreux dans les os des animaux* (*Ann. de chim.*, 1803, t. XLVII, p. 244).— *Expér. sur les os humains* (*Ann. de chim.*, 1809, t. LXXII, p. 282).

(7) Rouelle, *Journ. de méd. de Vandermonde*, in-8°, oct. 1777.

(8) Crell, *loc. cit.*, 1778.

(9) Stripriaan Luiscius et Bondt, *Mém. de la Soc. royale de méd. de Paris*, 1787-1788, t. IX, p. 525.

(10) Baumé, *Essai d'un syst. de chimie*, édition allemande. Berlin, in-8°, 1802, p. 43.

(11) Schèele, *Journal de Scherer*, 1781, t. IV, p. 120.

(12) Fourcroy, *Syst. des conn. chimiques*, an IX (1801), t. X, p. 78.

(13) Vauquelin et Buniva, *Mém. sur l'eau de l'amnios de femme et de vache* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXIII, p. 269).

(14) Gmelin, *loc. cit.*, 1789, t. II, p. 730.

(15) Jacquin, *Elementa chym. univ. et med.* Vienne, 1799, vol. III, p. 138.

(16) Jordan, *Disquisit. chym. evict. regn. anim. et veget. element.* Gœttingue, 1799, p. 33.

(17) Fourcroy, *loc. cit.*, 1801, t. X, p. 33-136.

(18) John, *Laborat. chim.*, 1808, t. I, p. 466.

d'autres en ont signalé dans la bile, dans l'urine, et dans les calculs urinaires. Fourcroy avait déjà noté la propriété qu'il a de s'unir d'une manière très intense aux substances organiques. Quant au phosphate de chaux de l'urine dont il parle, on ne peut savoir si c'est celui des os qu'il a en vue, ou le phosphate acide dont nous allons bientôt parler. Il dit, en effet, que le phosphate de chaux des urines se trouve dissous à l'aide d'un excès d'acide phosphorique existant dans ce liquide qui fait passer ce phosphate à l'état de *phosphate acidule de chaux;* et pourtant il traite séparément et du phosphate de chaux et de l'acide phosphorique qui le tient à l'état de dissolution.

Hatchett est le premier qui ait trouvé du phosphate de chaux dans les cartilages (1), et Vauquelin dans le cérumen (2). Déjà auparavant Fourcroy en avait trouvé dans cerveau (3), fait confirmé depuis par Jordan (4), etc. Ce fut Wollaston qui constata le premier que les concrétions de la glande pinéale sont en grande partie (les deux tiers de la masse environ) formées de phosphate calcaire (5). Vauquelin en indique dans les cheveux (6). Nous avons déjà dit que Berzelius en avait trouvé 1,20 pour 100 dans les matières fécales (7). Fourcroy et Vauquelin (8), puis Jacquin (9) constatèrent la présence du phosphate de chaux dans les larmes et le mucus nasal. Berzelius n'indique pas ce phosphate, mais celui de soude (10). Chaptal, dans ses *Éléments de chimie*, note la présence du phosphate de chaux dans la salive (11), fait constaté aussi par Fourcroy (12), John Bostock (13), etc. Le phosphate de chaux a été nié dans les humeurs de l'œil par Chenevix (14), mais d'après Nicolas on peut au contraire en constater la pré-

(1) Hatchett, *loc. cit.*, 1799-1800, p. 243.

(2) Vauquelin dans Fourcroy, *Syst. des conn. chimiques*, 1801, t. IX, p. 373.

(3) Fourcroy, *Examen chimique du cerveau de plusieurs animaux* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 282).

(4) Jordan, *loc. cit.*, 1799, p. 26.

(5) Wollaston, *Transact. philosoph.*, 1797, p. 386.

(6) Vauquelin, *Mém. sur les cheveux* (*Ann. de chimie*, 1802, t. LVIII, p. 41).

(7) Berzelius, *Neues algem. Journ. der Chemie*, 1806, t. VI, p. 537.

(8) Fourcroy et Vauquelin, *Examen chimique des larmes et de l'humeur des narines* (*Ann. de chim.*, 1792, t. X, p. 113).

(9) Jacquin, *loc. cit.*, 1799, p. 138.

(10) Berzelius, *Gener. views of the comp. of animal fluids.* London, 1812, p. 50.

(11) Chaptal, *Éléments de chimie*, in-8°. Paris, 1790, t. III.

(12) Fourcroy, *Syst. des conn. chim.*, t. IX, p. 367.

(13) John Bostock, *Ann. de chim.*, 1805, t. LVI, p. 70.

(14) Chenevix, *Sur la nat. des humeurs de l'œil* (*Ann. de chim.*, 1803, t. XLVI, p. 274-307).

sence (1). Westrumb (2), puis Fourcroy et Vauquelin (3) ont constaté la présence de ce sel dans le sang. Le fait a été vérifié peu après par Hildebrand (4), et successivement par la plupart des chimistes qui ont analysé ce liquide. Vauquelin (5) découvrit une assez grande quantité de phosphate de chaux dans le sperme, fait confirmé ensuite par Jordan (6), etc. Fourcroy en a trouvé dans les tendons (7), John dans le tissu cellulaire (8). C'est Schèele qui le premier trouva du phosphate de chaux dans l'urine (9), fait confirmé par tous les chimistes qui après lui ont analysé ce liquide.

Dans les produits morbides, nous voyons que Jordan (10) trouva du phosphate de chaux dans le pus, fait confirmé par beaucoup d'auteurs, et notamment par Guetterbock (11) et Martins (12). Il y en aurait, d'après d'Arcet fils, beaucoup plus dans le pus des abcès par congestion que dans celui des autres abcès, ce qui pourrait servir à faire reconnaître le lieu où prend origine ce liquide (13), fait qu'il ne faut accepter qu'avec beaucoup de doutes. Nous avons vu plus haut que Margueron en avait trouvé dans la sérosité de l'ampoule produite par les vésicatoires, dans la proportion de 1 pour 100 ; il en a trouvé autant dans la sérosité d'une phlyctène produite par l'eau bouillante et par un sinapisme (14). Fourcroy (15) et Jordan en ont trouvé dans le liquide de l'ascite (16), d'un kyste de l'ovaire (17) ; Wurzer dans celui de l'hydrocèle (18). Fourcroy en signale aussi dans le

(1) NICOLAS, *Mém. anal. sur les différ. humeurs de l'œil* (*Ann. de chimie*, 1793, t. XII, p. 140).

(2) WESTRUMB, *Journ. de chim. de Crell*, 1784, t. XII, p. 140.

(3) FOURCROY et VAUQUELIN, *Ann. de chim.*, 1791.

(4) HILDEBRAND, *Programma de alkali minerali sanguinis humani*. Erlangen, 1793.

(5) VAUQUELIN, *Expér. sur le sperme humain* (*Ann. de chim.*, 1791, t. IX, p. 64).

(6) JORDAN, *Ann. de chim. de Crell*, 1801, p. 466.

(7) FOURCROY, *Syst. des conn. chim.*, 1801, t. IX, p. 225.

(8) JOHN, *Laborat. chim.*, 1808, t. I, p. 429.

(9) SCHÈELE, *Mém. de l'Acad. royale de Suède*, 1775-1776, t. XXXVI, p. 327.

(10) JORDAN, *loc. cit.*, 1801, p. 208.

(11) GUETTERBOCK, *De pure et granulatione*, in-4°. Berlin, 1837, p. 1-19.

(12) MARTINS dans VOGEL, *Physiol.-pathol. Untersuch. uber eiter.*, in-8°. Erlangen, 1838, p. 66-72.

(13) D'ARCET, *Journ. de chir.*, de Malgaigne, 1845.

(14) MARGUERON, *Exam. chim. de la sérosité produite par les remèdes vésic.* (*Ann. de chim.*, 1793, t. XIV, p. 225).

(15) FOURCROY, *Encycl. méthod.*, 1798, t. VII, p. 309.

(16) JORDAN, *Ann. de chim. de Crell*, 1801, p. 50 et 115.

(17) JORDAN, *Ann. de chim. de Crell*, 1803, p. 123.

(18) WURZER, *Neues algemeine Journal der Chemie*, 1805, t. V, p. 662.

liquide de l'hydrocéphale, de l'hydropéricarde, et de l'hydrothorax (1). Ces faits ont été depuis confirmés par la plupart des chimistes qui ont analysé les mêmes liquides. Ce sel a également été signalé dans l'humeur des acéphalocystes par Jordan (2). John en a trouvé dans les crachats des phthisiques (3). Chaptal indique dans ses *Éléments de chimie* (4) un dépôt considérable de phosphate de chaux dans l'urine des femmes Supiot et Melin, dont tout le squelette, moins les dents, était atteint d'ostéomalacie. Fourcroy a constaté le même fait chez des individus se trouvant dans des conditions analogues (5). John Bostock a vu le phosphate de chaux réduit à la quantité de 13,6 pour 100 dans un cas d'ostéomalacie (6).

Fourcroy a reconnu que les calculs de la glande lacrymale (7), des glandes salivaires et des amygdales, le tartre des dents (8), étaient formés de phosphate de chaux avec un peu de matière muqueuse. Tous les chimistes ont depuis lors vérifié ces observations. Il montra aussi que les concrétions pulmonaires en contenaient beaucoup, fait du reste déjà observé plus de dix ans auparavant par Nœring (9). Wollaston a également trouvé que ce principe formait la base des ossifications ou indurations des fausses membranes de la plèvre (10). John en a trouvé dans des concrétions du foie (11). D'après Wollaston, les concrétions prostatiques contiennent principalement du phosphate de chaux (12). Fourcroy a constaté le même fait pour les concrétions de la fosse naviculaire, du bulbe et du canal de l'urètre (13). Le premier auteur qui ait signalé le phosphate de chaux dans les calculs vésicaux est Linke, qui indiqua qu'il s'y trouvait en même temps une substance animale (14). Giobert (15) et Ingenhousz (16)

(1) Fourcroy, *loc. cit.*, 1798, t. VII, p, 309.

(2) Jordan, *Ann. de chim. de Crell*, 1803, p. 223.

(3) John, *Chemische Untersuchungen*. Berlin, 1810, p. 126.

(4) Chaptal, *Éléments de chimie*. Paris, 1790, in-8°, t. III.

(5) Fourcroy, *Mém. de la Société roy. de médecine de Paris*, 1782-1783, p. 488.

(6) John Bostock, *Analysis of the bones of the spine in a case of mollities ossium* (*Medico-chirurgical transactions*, in-8°, 1813, vol. IV, p. 38).

(7) Fourcroy, *Mém. de l'Institut de France*. Paris, an IX (1801), t. IV.

(8) Fourcroy, *Analyse comparée des diverses espèces de concrétions anim. et végét.* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 63-113).

(9) Nœring, *Mém. de l'Acad. de Suède*, 1783, t. IV, p. 261.

(10) Wollaston, *Philos. transact.*, 1797.

(11) John, *Tableaux chimiques du règne animal*, in-4°. Paris, 1816, p. 77.

(12) Wollaston, *Journal de Scherer*, 1797, t. IV, p. 375.

(13) Fourcroy, *Syst. des conn. chim.* Paris, 1801, t. X, p. 217.

(14) Linke, *Dissertatio de urinæ et calculorum analysi*. Gœttingue, 1788.

(15) Giobert, *Ann. de chim.*, 1792, t. XII, p. 64.

(16) Ingenhousz, *Sur le calcul vésical* (*Ann. de chimie*, 1797, t. XXV, p. 177).

en ont trouvé également. Georges Pearson trouva des calculs vésicaux contenant plus du tiers de leur poids de ce sel (1). Wollaston (2), Brugnatelli (3), Lavoisier (4), Volta et Brugnatelli (5), Bartholdi (6) et Proust (7) en trouvèrent après les précédents auteurs. Tant d'auteurs en ont retrouvé depuis, principalement Fourcroy et Vauquelin (8), qu'il deviendrait fastidieux et inutile de les citer tous. Cependant nous devons mentionner que M. Magendie en a trouvé uni à un peu de phosphate de magnésie et d'acide urique dans les concrétions urinaires réunies en une espèce de grappe par de petits poils, concrétions auxquelles il a donné le nom de *gravelle pileuse* (9). Chez les autres mammifères, ce principe a également été trouvé par les mêmes auteurs dans les liquides et solides de l'économie. Nous rappellerons l'analyse de la bile de bœuf faite par M. Thénard (10), dans laquelle il indique la présence du phosphate de chaux, pour lui appliquer les remarques déjà faites à propos du sulfate de soude. Hatchett (11) et John (12) ont trouvé ce sel dans les muscles du bœuf. Emmert et Reuss (13), puis Vauquelin (14) en trouvèrent dans le chyle des chevaux. Dans les ongles humains, dans la corne de bœuf, de chamois, de chèvre, etc., Hatchett trouva du phosphate de chaux (15). Nous ne reviendrons pas, à propos du lait, de la corne de cerf et des os et dents de mammifères, sur ce que nous avons dit du lait, des os et dents humaines, car ce serait répéter le titre des travaux que nous avons cités. Nous en dirons autant à propos du sang, de la synovie et des liquides de

(1) PEARSON, *Mém. sur l'urine et le calcul vésical* (*Ann. de chimie*, 1797, t. XXVI, p. 113).

(2) VOLLASTON, *Journ. de Scherer*, 1797, t. IV, p. 376.

(3) BRUGNATELLI, *Observ. sur la nat. du calcul de la vessie* (*Ann. de chim.*, 1798, t. XXVIII, p. 52).

(4) LAVOISIER, *Ann. de chim. de Crell*, 1798, cah. IV, p. 301.

(5) VOLTA et BRUGNATELLI, *Lettre à Fourcroy sur l'analyse des calculs urinaires de l'homme et du cochon* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXII, p. 181).

(6) BARTHOLDI, *Sur un calcul urinaire de cochon* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXII, p. 185).

(7) PROUST, *Expér. sur l'urine* (*Ann. de chim.*, 1800, t. XXXVI, p. 258).

(8) FOURCROY, *Syst. des conn. chimiq.*, 1801, t. X.

(9) MAGENDIE, *Mém. sur deux nouvelles espèces de gravelle* (*Arch. gén. de méd.*, 1826, t. XII, p. 469). — Art. GRAVELLE du *Dict. de médecine et de chirurgie pratiques*, t. IX, p. 237.

(10) THÉNARD, *Mém. sur la bile de bœuf* (*Bull. de la Soc. philomat.*, 1805, in-4°, t. III, p. 274).

(11) HATCHETT, *Ann. de chim. de Crell*, 1801, p. 460.

(12) JOHN, *Laborat. chim.*, 1808, t. I.

(13) EMMERT et REUSS, *Journal de Scherer*, 1800, t. V, p. 170.

(14) VAUQUELIN, *Anal. du chyle de cheval* (*Ann de chim.*, 1812, t. LXXXI, p. 113).

(15) HATCHETT, *Philos. transact.*, 1799, p. 332.

l'œil. Einoff et Thaer ont trouvé ce sel dans la bouse de vache (1). Macquart (2) en indique dans le suc gastrique retiré du premier estomac ou panse des ruminants. Ce n'est encore que dans l'urine de l'homme qu'on a trouvé du phosphate de chaux. Cependant nous verrons que certains calculs urinaires et du rein de ces animaux en renferment.

Du phosphate de chaux a été trouvé par Pearson (3) dans une concrétion intestinale venant de l'estomac d'un singe, et dans une autre tirée de l'intestin d'un cheval, dans des calculs urinaires de chien, de lapin et de cheval; Fourcroy et Vauquelin en ont vu dans un bézoard d'origine inconnue (4). Ils en ont également trouvé dans des bézoards occidentaux (5). John en signale des traces dans un bézoard oriental (6), Vauquelin dans de vrais bézoards (7). Fourcroy indique (8) 22 pour 100 de phosphate de chaux dans les calculs rénaux urinaires d'un cheval, d'un bœuf, et dans celui d'un chat. Bertholdi (9) a trouvé un calcul urinaire de porc presque entièrement formé de ce sel. Des faits analogues ont été constatés sur de nombreuses concrétions des mêmes animaux que nous venons de citer par beaucoup de chimistes.

Dans un kyste adhérent au bord libre du foie, la matière contenue, au lieu d'être de la graisse, comme on le trouve ordinairement, était principalement du phosphate de chaux. Laugier fait remarquer qu'habituellement cette substance se trouve plutôt dans les parois du kyste que dans sa cavité (10). Vauquelin en a trouvé avec beaucoup de carbonate de la même base dans des concrétions salivaires d'un éléphant (11). M. Lassaigne a trouvé ce sel dans une tumeur cérébrale et un squirrhe du cheval,

(1) Einoff et Thaer, *Mém. sur les excrém. des anim.* (*Neues algem. Journ. der Chem.*, 1803, t. III, p. 276).

(2) Macquart, *Mém. de la Soc. de méd. de Paris*, 1786, p. 355.

(3) Pearson, *Ann. de chim. de Crell*, 1798, p. 486.

(4) Fourcroy et Vauquelin, *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, 1803, t. IV, p. 329).

(5) Fourcroy et Vauquelin, *loc. cit.*, 1803, p. 112.

(6) John, *Chemische Untersuch. anim. vegel. und miner. Substanzen*, 1811, t. III, p. 37.

(7) Vauquelin, *Quest. sur la format. des bézoards intest.* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXIII, p. 36).

(8) Fourcroy, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 43).

(9) Bertholdi, *Journ. de Scherer*, 1800, t. V, p. 121.

(10) Laugier, *Note sur une mat. renfermée dans un kyste qui se trouvait au bord libre du foie dans le cadavre d'une femme âgée d'environ soixante-dix ans* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1816, t. III, p. 126).

(11) Vauquelin, *Anal. d'une espèce de concrét. trouvée dans les glandes maxill. de l'éléphant mort au Mus. d'hist. natur.* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1817, t. VI, p. 398, et *Journ. de pharm.*, 1817, t. III, p. 208).

ainsi que dans des concrétions de vache et de taureau phthisiques (1). M. Matteucci en signale aussi dans un *cerveau ossifié* avec du carbonate de chaux, et surtout beaucoup d'osmazôme (2). MM. Bailly et Henry en ont vu 13,51 pour 100 dans un calcul biliaire d'une femme, lequel contenait en outre 72,70 pour 100 de carbonate de chaux (3). M. Lassaigne en a trouvé de 35 à 45 pour 100 dans les tubercules pulmonaires du cheval (4) ; il a également reconnu que les concrétions dites ossifications des artères de cheval sont formées en grande partie de phosphate de chaux et d'un peu du carbonate de cette base (5). Il résulte des recherches de M. Bosson, que les calculs salivaires chez l'homme diffèrent de ceux des herbivores par la grande quantité de phosphate de chaux, tandis que c'est le carbonate qui l'emporte chez ceux-ci (6). Brandes a observé le phosphate de chaux constituant en grande partie un calcul pulmonaire ; il y avait aussi du carbonate de cette base et de magnésie avec de la matière animale (7). Collard de Martigny a trouvé une composition analogue à des calculs nasaux ; il y avait en outre un peu de silice et de graisse (8). Le phosphate de chaux a été vu formant en grande partie, avec un peu de carbonate de chaux et de soude et de la matière animale, une concrétion testiculaire d'un vieillard (9). M. Lassaigne indique une composition analogue pour une incrustation qui entourait la partie antérieure du cristallin d'un cheval (10). M. Poggiale a vu aussi, comme la plupart des autres auteurs, les calculs salivaires formés presque entièrement de phosphate de chaux et de matière animale (11). M. Prével a trouvé une concrétion du larynx formée en grande partie de phosphate de chaux (12).

(1) Lassaigne, *Anal. de plus. calculs et concrét. trouv. dans diff. animaux* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1818, t. IX, p. 325).

(2) Ch. Matteucci, *Exam. chim. d'un cerv. ossifié* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1849, t. XLII, p. 333).

(3) Bailly et Henry, *Analyse d'un calcul biliaire formé principalement de carbonate de chaux* (*Journ. de pharm.*, 1830, t. XVI, p. 196).

(4) Lassaigne, *Journ. de méd. vétér.*, 1838, p. 98.

(5) Lassaigne, *Journ. de chim. méd.*, 1827, t. III, p. 157.

(6) Bosson, *Exam. chim. d'un calcul salivaire* (*Journ. de chim. méd.*, 1829, t. V, p. 591).

(7) Brandes, *Anal. d'un calcul pulm.* (*Journ. de chim. méd.*, 1831, t. VII).

(8) Collard de Martigny, *Anal. de calculs nasaux* (*Journ. de chim. méd.*, 1831, t. VII, p. 723).

(9) Trevet, *Anal. chimiq. d'une concrét. calcaire extraite du testicule d'un vieillard après sa mort* (*Journ. de chim. méd.*, 1831, t. VII, p. 107).

(10) Lassaigne, *Exam. chimiq. d'une mat. concrète qui s'était développée sur le cristallin d'un cheval* (*Journ. de chim. méd.*, 1833, t. IX, p. 583).

(11) Poggiale, *Anal. chimiq. de deux concrét. calculeuses des conduits des glandes saliv. de l'homme* (*Mém. de la Soc. roy. des sc. de Lille*, 1838, p. 82).

(12) Prével, *Exam. chim. d'une concrét. du larynx, ou autres parties des voies aériennes* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 279).

M. Lassaigne l'indique comme constituant, avec du carbonate de cette base et un peu de matière animale, les concrétions du mésentère d'un taureau (1). M. S. Denis l'a signalé comme formant en grande partie, avec du carbonate de chaux et du mucus, le résidu sec de l'enduit saburral de la langue dans l'embarras gastrique (2). M. Morin a analysé un calcul formé de trois parties d'aspects différents dans lesquelles le phosphate et le carbonate de chaux existaient avec un peu de matière organique, mais partout en proportions différentes (3). Laugier a trouvé du phosphate de chaux avec du carbonate de soude et des chlorures de sodium et de potassium dans les fausses membranes de la plèvre (4). M. Lassaigne a constaté que les calculs prostatiques étaient, en grande partie, formés par le phosphate de chaux, avec un peu de carbonate et de matière animale (5). D'après lui, le cément (6) dentaire de la vache contient 53,84 de phosphate de chaux, à peu près comme les os, et il existe du phosphate de chaux basique dans la bile du fœtus de vache, mais pas dans l'urine du même animal (7). M. Lassaigne a démontré expérimentalement que les urines de l'espèce bovine contiennent beaucoup plus de phosphate de chaux que celles de l'espèce humaine (8). Brandes a trouvé ce sel comme constituant, en très grande proportion, des concrétions nasales ; le reste était du carbonate de chaux, du sel marin, de la matière animale et de l'eau (9). Frerichs indique la présence de ce sel, en même temps que des phosphates de soude et de magnésie et des carbonates calcaires dans le suc pancréatique (10); déjà Tiedemann et Gmelin avaient noté ce fait. M. Lassaigne l'a vu également

(1) Lassaigne, *Anal. des concrét. trouvées dans un kyste situé dans le mésent. d'un taureau affecté de phthisie tuberculeuse* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 521).

(2) S. Denis, *Exam. chimiq. de l'enduit dit saburral de la langue* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 340).

(3) Morin, *Anal. d'un calcul urinaire* (*Journ. de chim. méd.*, 1827, t. III, p. 222).

(4) Laugier, *Exam. chim. des fausses membr. recueillies sur la plèvre d'une femme décédée à la suite d'une pleuro-pneumonie* (*Journ. de chim. méd.*, 1827, t. III, p. 419).

(5) Lassaigne, *De plusieurs calculs trouvés dans la prostate chez l'homme* (*Journ. de chim. méd.*, 1828, t. IV, p. 126).

(6) Lassaigne, *Anal. chim. du cément des dents de vache* (*Journ. de chim. méd.*, 1828, t. IV, p. 201).

(7) Lassaigne, *Observ. sur la composit. chim. de la bile et de l'urine du fœtus de vache* (*Journ. de pharm.*, 1820, t. VI, p. 376).

(8) Lassaigne, *Nouv. observ. sur les calculs urin. et l'urine dans l'espèce bovine* (*Journ. de chim. méd.*, 1838, t. IV, p. 49).

(9) Brandes, *Anal. des concrét. nasales* (*Journ. de chim. méd.*, 1839, t. V, p. 243).

(10) Frerichs, *Handwoerterbuch der Physiol.*, von R. Wagner, art. Verdaung, t. III, 1re part., 1846, p. 845.

dans un rein (1) dans la proportion de 3,5 contre 1 de carbonate de chaux. M. Lassaigne indique ce sel comme formant en grande partie les concrétions diverses trouvées dans les ganglions d'un cheval ; il y avait aussi un peu de carbonate de chaux, et le reste était de la matière animale (2). C'est M. Nélaton qui a démontré la fausseté de l'opinion de ceux qui expliquaient l'accroissement continu de la densité et de la fragilité des os, à partir de l'enfance, la diminution de l'élasticité et de leur activité nutritive, par une accumulation graduelle de phosphate de chaux. « J'ai pu, dit-il, me convaincre par une série d'expériences que les proportions de parties terreuses et organiques sont les mêmes à tous les âges de la vie. Le tissu osseux n'est pas seulement un mélange de gélatine et de sels calcaires ; il y a combinaison entre ces deux éléments, et cette combinaison s'opère constamment dans les mêmes proportions » (3). MM. Nélaton et Sappey ont repris ces expériences sur des sujets des deux sexes, de 5, de 25 et 70 ans, et ils ont trouvé, par la calcination comme par l'emploi des agents chimiques, que le phosphate calcaire et les autres sels étaient partout à la *substance organique* comme 68 à 32 (4). D'après la présence constante du phosphate de chaux dans les substances azotées, et en particulier dans les humeurs plastiques, dans quelques cellules du corps animal encroûtées pathologiquement, Lehmann pense que ce principe joue un rôle dans les métamorphose des substances animales, et en particulier dans la formation et la transformation des cellules (5). Beneke pense de plus que les maladies aiguës s'accompagnent d'une augmentation des phosphates de chaux dans l'urine (6) ; mais Heller, en analysant ce travail, fait remarquer que, bien qu'il n'ait pas rencontré de méningite sans augmentation du phosphate de chaux dans l'urine, l'émaciation ne marche pas parallèlement à cette augmentation. Harting a figuré le phosphate de chaux, soit sous forme de masses irrégulières, soit à l'état de poussière amorphe (7).

(1) LASSAIGNE, *Observ. sur une ossificat. complète d'un rein chez le cheval* (*Journ. de chim. méd.*, 1848, t. VI, p. 223).

(2) LASSAIGNE, *Exam. chimiq. de concrét. blanches granuliformes trouvées dans les ganglions mésentér. et d'autres tissus, chez un cheval mort à la suite d'une entéro-mésentérite* (*Journ. de chim. méd.*, 1845, t. II, p. 4).

(3) NÉLATON, *Eléments de pathologie chirurgicale*. Paris, 1844, in-8°, t. I.

(4) SAPPEY, *Manuel d'anatomie descriptive*. Paris, 1847, in-8°, t. I, p. 10.

(5) LEHMANN, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*. Leipzig, in-8°, 1850, vol. I, p. 487.

(6) BENEKE, *Der phosphorsaure Kalk in physiologischer und pathologischer Beziehung* (*The Lancet.*, London, 1851, nos 25 et 26; et *Archiv für physiologische und pathologische Chemie und Mikroskopie*, Wien, 1852, in-8°, heft 1 und 2, p. 52).

(7) P. HARTING, *Het micoskoop, deszelfs Gebruik, Geschiedenis en Tegenwoordige toestand*. Utrecht, 1848, vol. III, pl. III, fig. 60).

CHAPITRE XXVI.

PHOSPHATE ACIDE DE CHAUX.

Synonymie : *Phosphate acidule de chaux*, *biphosphate de chaux* (2 CaO.HO $+$PhO^5. 3 HO). C'est le composé qui est appelé *phosphate acide de chaux.*

907. — Nous avons rencontré ce principe dans l'urine d'homme et dans celle de chien.

Il s'y trouve en proportion variable, plus grande chez le second que chez le premier, mais nous n'avons pu en préciser la quantité.

908. — Il est dans l'organisme à l'état liquide par dissolution ; cet état se trouve favorisé sans doute par la présence de l'acide carbonique de l'urine et surtout des phosphates de soude. C'est en effet avec l'urate de soude le premier sel de l'urine qui cristallise par évaporation de ce liquide. Il prend ainsi part à la constitution de l'urine comme les sels dont nous avons déjà parlé. En général, il commence à se déposer quand le volume de l'urine qu'on évapore a diminué du tiers ou de moitié, et encore plutôt chez le chien.

909. — On sait que les acides, même faibles, ont la propriété d'enlever aux sels neutres ou basiques une portion de leur oxyde avec lequel ils se combinent. Le sel neutre, de son côté, devient sel acide. On a, de plus observé, que l'acide urique, quoique rougissant à peine le tournesol, exerce cette action sur le phosphate de soude, qui devient ainsi phosphate acide, rougissant nettement et d'une manière franche le papier réactif bleu. Il est probable que le phosphate de chaux indiqué sous le nom de phosphate acide ou de biphosphate de chaux, que plusieurs auteurs disent se trouver dans le suc gastrique, est formé de la même manière, c'est-à-dire par action de l'acide lactique sur le phosphate basique de chaux étudié dans le chapitre précédent. Si le fait est reconnu vrai, il faudra admettre que l'acidité du suc gastrique n'est pas due à un seul principe, l'acide lactique,

mais à la fois à ce phosphate acide et à l'acide lactique. Il est probable aussi que celui qui existe dans les urines se forme dans les mêmes conditions. Déjà Fourcroy et Vauquelin avaient noté ce passage du phosphate de chaux des os à l'état de phosphate acidulé au contact des acides même assez faibles.

910. — *Extraction.* Toute la quantité du sel dont nous parlons, contenue dans une urine, ne cristallise pas constamment. Il forme à la surface du liquide qu'on évapore une couche amorphe qui réunit en groupes les amas sphériques noirâtres d'urate de soude. Lorsqu'il cristallise, ce qui tient sans doute aux conditions dans lesquelles on évapore, il est toujours accompagné de cette matière amorphe qui les maintient réunis en groupes avec l'urate de soude. Les cristaux (pl. III, fig. 1) ont tous la forme d'hémi-octaèdres allongés, dérivant du prisme droit à base rectangle. Les uns sont volumineux (*a*, *a*), les autres très petits (*b*, *b*). Ils peuvent être isolés comme les précédents, mais la plupart sont réunis les uns aux autres de diverses manières, soit deux à deux (*c*), soit en groupes plus volumineux (*d*, *e*). Ils sont solubles dans l'acide acétique.

Chez le chien surtout, quand l'urine est très acide, on trouve une grande quantité de ces cristaux de même volume que les précédents. Il en existe en même temps beaucoup de très petits, soit isolés, soit groupés (*k*, *j*). On en trouve en même temps d'autres très volumineux présentant diverses formes, par suite de décroissement sur les arêtes (*l*, *o*). On rencontre surtout plus souvent que chez l'homme des formes ayant la disposition de lamelles isolées (*n*) ou groupées de diverses manières (*i*. *m*, *h*), et formant des amas assez considérables. Plusieurs de ces groupes lamelleux conservent la forme très régulière (*g*) d'hémi-octaèdres allongés.

Ces cristaux sont incolores, transparents; leurs arêtes sont nettes, les angles dièdres sont très tranchants; ils réfractent peu la lumière. Tous ces caractères leur donnent un aspect dur, minéral en quelque sorte, qui empêche de les confondre avec d'autres principes.

911. — *Historique.* Quoique nous ayons déjà signalé plusieurs des auteurs qui ont parlé du phosphate acide de chaux dans les urines, en faisant l'historique du phosphate des os, nous devons indiquer encore quelques faits historiques se rapportant à sa présence dans l'urine.

Dans toutes les analyses de l'urine des anciens chimistes, jusqu'à Schèele, les phosphates de chaux contenus dans ce liquide sont méconnus, non pas quant à leur existence, mais quant à leur nature. Ils sont désignés sous le nom de sélénite, ils sont confondus avec cette substance. Ce fut en 1775 que Schèele en détermina la véritable nature (1). Après lui quelques

(1) Schèele, *Mém. de l'Acad. roy. des sc. de Suède*, 1775-1776, t. XXXVI, p. 327.

auteurs confondent encore ce principe avec la *sélénite* (1), et il faut aller jusqu'en 1798 pour voir le fait généralement adopté (2). Le phosphate acide de chaux, d'après Brugnatelli, se trouverait quelquefois, dans certains calculs, à l'état cristallisé; il se rencontrerait aussi, d'après Walther, dans quelques graviers. Fourcroy (3) distingue bien dans ses mémoires le phosphate acide de chaux des calculs des mammifères du phosphate ordinaire; il le trouve plus friable, d'une saveur un peu âpre et acide, formant des couches lisses, faciles à séparer. Il est soluble dans l'eau chaude, etc. Brugnatelli (4) l'a trouvé uni au phosphate ammoniaco-magnésien, ayant une couleur blanche et lisse; au centre était une masse cendrée formée de ce phosphate acide présentant sur un de ses côtés des groupes de cristaux prismatiques transparents. Il y avait des cristaux de même nature à la face interne cornue de l'enveloppe de ce noyau, et dans une fente longitudinale qu'elle présentait. Ces cristaux étaient du phosphate acide pur. En général, quand il y en a dans les calculs, il présente l'aspect cristallin, est disposé en lamelles, et la cassure offre des stries perpendiculaires à la circonférence du calcul; cette disposition se voit surtout dans les calculs prostatiques (5). Morin dit avoir trouvé que l'acide libre de l'urine n'est pas de l'acide lactique, mais bien du phosphate de chaux acide (6). Du reste, il faut remarquer que jusqu'à présent l'existence des deux phosphates dans l'urine n'a été nettement établie par aucun chimiste. Les analyses les plus récentes n'en signalent qu'un seul, et elles ne font même pas mention de l'espèce de phosphate dont il s'agit. L'existence bien positive du phosphate acide de chaux dont nous parlons ici dans l'urine de l'homme et des carnivores doit empêcher de considérer comme bien exacts les chiffres qui dans le chapitre précédent indiquent la quantité de phosphate de chaux basique dans l'urine de ces animaux; car le même chiffre comprend deux espèces de principes.

(1) Gmelin, *Grundriss der allgemeine Chemie*. Gœttingue, 1789, t. II, p. 730.

(2) Cruickshank, *Cases of diabetes mellitus, by John Rollo*. Londres, 1798, p. 438.

(3) Fourcroy, *Mémoire sur le nombre, la nature et les caractères distinctifs des différents matériaux qui forment les calculs, les bézoards et les diverses concrétions des animaux* (*Ann. du Muséum d'hist. nat.*, in-4°, Paris, 1802, p. 93-102).

(4) Brugnatelli, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, an VII, t. XXVIII, p. 52, et *loc. cit.*, 1819).

(5) Prout, *An inquiry into the nature and treatment of gravel, calculus and other diseases connected with a deranged operation of the urinary organs*, in-8°. London, 1821, pl. I, p. 128.

(6) Morin, *Observ. sur la constit. des urines* (*Journ. de chim. et de pharm*, 1843, t. III, p. 351).

M. Lassaigne a été conduit à reconnaître par ses recherches que le biphosphate de chaux n'existe pas dans le suc gastrique, mais qu'il n'y a que du phosphate de chaux dissous par l'acide lactique (1).

CHAPITRE XXVII.

PHOSPHATE DE MAGNÉSIE.

Synonymie : *Magnésie phosphatée.* $PhO^5.3\,MgO.7\,HO$.

912. — Le phosphate de magnésie se rencontre dans tous les tissus et toutes les humeurs du corps des mammifères. Il n'existe du reste jamais qu'en petite quantité dans chacun d'eux. Liebig a montré qu'il est plus abondant que le phosphate de chaux dans la chair musculaire. Il manque complétement ou à peu près dans l'urine des herbivores, mais abonde dans leurs fèces.

913. — Ce principe immédiat se rencontre quelquefois sous forme cristalline dans l'économie. D'abord, c'est à lui qu'est dû l'aspect trouble, jaunâtre que présente ordinairement l'urine des lapins domestiques. (Nous avons vu que cependant, lorsqu'ils reçoivent des aliments principalement herbacés, c'est du carbonate de chaux cristallisé que renferme cette humeur.) Ce trouble est dû au dépôt abondant de phosphate de magnésie à l'état cristallin. Ces cristaux, tant que l'urine est récemment formée et chaude, sont pour la plupart allongés, à bords mousses ou minces et onduleux, à extrémités amincies, mais terminées par des lignes courbes ou onduleuses ; en un mot, beaucoup sont encore mal formés. Plus l'urine est depuis longtemps dans la vessie, plus est considérable le volume des cristaux ; plus ils sont nettement délimités, mieux les angles sont formés et les arêtes rectilignes. Enfin, quand l'urine est froide et même avant qu'elle le soit tout à fait, on voit que l'urine forme un dépôt cristallin, brillant, constitué par un mélange des cristaux figurés dans la planche X, fig. 1. Ils appartiennent au cinquième type, ou du

(1) Lassaigne, *Nouv. rech. chimiq. sur le principe qui donne au suc gastrique son acidité* (*Journ. de chim. méd.*, 1844, t. X, p. 73 et 183).

prisme oblique à base rhomboïdale. Mais tous présentent des décroissements sur deux des arêtes verticales qui en font des prismes à six pans (*a*, *b*, *c*, *f*) ; en même temps il y a ordinairement une facette de décroissement sur deux des angles dièdres de la base (*b*, *c*, *f*, *d*). Les figures *f*, *f* montrent les différentes situations des mêmes cristaux. Quelquefois il y a une facette sur chacun des quatre angles, sans modification des arêtes verticales ; le prisme se termine alors en pyramide (*g*). Ces cristaux sont rarement isolés ; les groupes dans le genre de *a* et *d* sont les plus fréquents, puis viennent les cristaux disposés plus ou moins régulièrement comme *b* et *c*. Il y a assez fréquemment des aiguilles, plus ou moins régulières (comme *h*), formées par un seul ou deux cristaux réunis bout à bout, et terminés soit par une face plane, soit par un biseau. On trouve enfin quelques prismes qui présentent des facettes de décroissement tant sur les arêtes que sur les angles de la base (comme en *e*).

Lorsque les lapins ne mangent que peu ou fort peu de matières herbacées, elles sont rendues claires et neutres ou à peine alcalines. Par le refroidissement elles laissent alors déposer des groupes cristallins volumineux très allongés. Ils sont formés de prismes à base rhombe, d'aiguilles et de lamelles réunies ensemble dans le sens de la longueur (pl. II, fig. 1, *x*). Les prismes ou lamelles peuvent ou non présenter des décroissements sur les arêtes de la base (*x*), ou sur les grandes arêtes (*z*). On trouve beaucoup de ces groupes d'aiguilles, lamelles et prismes allongés, réunis eux-mêmes par leurs extrémités, de manière à former de grands amas étoilés visibles à l'œil nu sous forme d'aiguilles brillantes (pl. II, fig. 1, *y*, *z*). Ces groupes sont adhérents aux parois du vase, soit vers la surface, soit vers le fond, et si l'urine est dans un tube, ils occupent quelquefois, en se réunissant les uns aux autres, le diamètre total de celui-ci.

Chez l'homme et chez tous les mammifères domestiques, l'un de nous a trouvé ces mêmes cristaux de phosphate de magnésie, dans le pus d'un très grand nombre d'organes, dans

la sérosité d'un certain nombre de kystes avec ou sans épanchements sanguins (ovaire, mamelle, épididyme, etc.), dans la sérosité et le pus de la plèvre et du péritoine dans des cas de pleurésie chronique et de cancer de l'ovaire. Ce sont ces cristaux que M. Lebert et autres auteurs ont décrits et figurés dans le pus des abcès. On en trouve assez souvent à la surface des os cariés ou nécrosés, dans le liquide qui les baigne, dans le pus fourni par la matrice des ongles malades. Nous en avons trouvé constamment dans le liquide purulent fourni par la matrice du sabot du cheval, sur quelques pièces que M. le professeur Bouley a eu l'obligeance de nous remettre.

Ces cristaux présentent les mêmes formes décrites plus haut dans les sels retirés de l'urine du lapin. Seulement, ils n'ont pas, comme ces derniers, une légère teinte ombrée. Ils sont à peu près incolores. Les formes *a*, *b*, *c* (pl. X, fig. 2) sont habituellement les plus fréquentes, surtout dans les séreuses et les synoviales ; puis viennent les formes *d*, qui sont assez rares et enfin les groupes *e*, *f*. Les prismes à six pans (*e*) sont moins nombreux dans ces liquides (où ils manquent quelquefois) que dans l'urine de lapin.

914. — Les os des herbivores contiennent plus de phosphate de magnésie que ceux de l'homme et des carnivores. Berzelius trouve dans un os humain 1,16 pour 100 de phosphate de magnésie, dans un os de bœuf 2,05 pour 100. Dans les différentes conditions physiologiques et pathologiques, la quantité de phosphate de magnésie augmente ou diminue proportionnellement à la quantité de phosphate de chaux contenue dans l'os.

L'analyse des cendres des tissus et humeurs animales démontre l'existence du phosphate de magnésie ; on peut s'en convaincre aussi en observant les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien qui se forment partout dans un cadavre qui se décompose par suite d'union de l'alcali volatil au sel de magnésie, d'où résulte la formation du sel double. Le fait se produit ainsi toutes les fois que dans l'économie il se forme de l'ammoniaque. Le phosphate de magnésie s'assemble en

masse souvent considérable pour former certaines concrétions. Ainsi Brugnatelli a trouvé qu'un calcul provenant d'un ovaire humain était presque complétement composé de phosphate de magnésie; Schlossberger en trouva dans un calcul provenant d'une veine, à côté de 20,4 pour 100 de substance organique et 58,7 pour 100 de sel de chaux, 13,7 pour 100 de phosphate de magnésie.

Le phosphate de magnésie se rencontre quelquefois dans les calculs urinaires, c'est même là ce qui a fait soupçonner à Fourcroy qu'il devait y en avoir dans l'urine normale. C'est dans des calculs composés en grande partie d'acide urique qu'il se trouve ordinairement (Samuel Bigelow), ou dans ceux de phosphate de chaux. Il existe toujours en petite quantité dans ces productions morbides.

D'après Berzelius, les cendres d'excréments d'homme, rendus à la suite d'une nourriture de pain grossier, contiennent 12,9 pour 100 de phosphate de magnésie et 25,8 pour 100 de phosphate de chaux; d'après Fleitmann, une nourriture plus animale que végétale a fourni les excréments dont la cendre contenait 10,67 pour 100 de phosphate de magnésie.

Nous donnons ici le tableau des différentes humeurs, tissus et productions morbides dans lesquels on a fixé la quantité :

Excréments (Berzelius)..........	2,000	p. 100.
Lait de vache (Haidlen)..........	0,042	—
— (*Id.*).............	0,064	—
— (Pfaff et Schwartz)..	0,170	—
Lait de femme (*Id.*).............	0,050	—
Os (Berzelius)....................	1,16	—
Os (*Id.*)........................	2,05	—
Os (Marchand).....................	1,05	—
Vertèbre de rachitique (Bostock)...	0,82	—
Email d'homme (Berzelius).......	1,50	—
Email de bœuf (*Id.*).............	3,00	—
Ivoire dentaire humain (*Id.*)......	1,00	—
— de bœuf (*Id.*)......	2,07	—

Valentin.	Morceau sain d'une côte de cheval près d'une masse calleuse	p. 100. 3,67	p. 100. 1,94
	Masse calleuse de cette côte	3,76	1,97
	Métatarse sain du cheval	1,06	0,69
	Exostose du tarse du cheval	3,96	2,25
	Substance compacte saine du tibia d'un homme de trente-huit ans	0,41	0,25
	Substance spongieuse du même	2,62	1,54
	Carie du tibia d'un homme du même âge	2,68	1,18
	Condyle externe du fémur gauche sain d'une fille de dix-huit ans	1,75	0,87
	Condyle externe du fémur gauche carié de la même	1,14	0,52
	Tête saine du tibia droit de la même	1,70	0,87
	Tête cariée du tibia gauche de la même	2,17	1,18
	Croûte sécrétée autour du tibia droit carié de la même	0,78	0,31
	Carie d'une vertèbre dorsale d'un jeune homme de vingt ans	0,86	0,38

Muscles (Chevreul)	0,23	p. 1000.
Cartilages (Frommherz et Gugert.)	6,90	—
Calcul salivaire (1)	5,10	—
Urine de porc (phosphate de chaux et de magnésie. (2)	8,80	p. 100.
Urine d'un lièvre tué en hiver après le lancé (*Id*). (2)	13,17	—
Urine d'un lièvre tué en été sans avoir été lancé (phosphate pur). (2)	22,42	—

Calcul urinaire de singe (3)	5,00	p. 100.
— humain (4)	1,22	—
Sang d'homme avant l'emploi du sel marin (5)	1,37	p. 1000.
Sang d'homme après l'emploi du sel marin (5)	1,68	—
Sang de bœuf (5)	0,76	—
Sang de vache (5)	0,83	—
Sang de veau (5)	1,09	—
Sang de mouton (5)	1,02	—
Sang de lapin (5)	0,82	—
Sang de chien (5)	0,83	—
Sang de chat (5)	0,93	—
Extrait aqueux de viande (6)	5,76	—
Décoction de viande (7)	0,23	—

(1) De Bibra, *Medic. Correspondenz Blatt für baierische Aerzte*, 1843.

(2) De Bibra, *Sur l'urine de quelques herbivores* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1845, t. LIII, p. 98).

(3) Landerer, *loc. cit.*, 1847, t. XLV, p. 60.

(4) Bley, *loc. cit.*, 1847, t. XCIX, p. 257 et 271.

(5) Poggiale, *loc. cit.* (*Comptes rend. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXV, p. 110).

(6) Keller, *Sur les élém. inorganiq. de la chair muscul.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXX, p. 91).

(7) Chevreul, *Recherches sur la composition chimique du bouillon de viande* (*Journ. de pharm.*, 1835, t. XXI, p. 231).

Cendres de la chair de veau (1)....	6,24	p. 100.
Phlébolithe humain (2)..........	13,70	—

915. — Ce principe est habituellement à l'état liquide, mais nous avons vu qu'il peut facilement passer à l'état solide et cristallin. Il est probable, du reste, que dans les os, les ongles, les dents, il est à l'état solide, comme le phosphate de chaux qu'il accompage et auquel il paraît être uni partout où ils se trouvent ensemble.

916. —Malgré son peu de solubilité, il est liquide sans doute par dissolution directe dans l'eau ; du reste, les chlorures et phosphates alcalins qui l'accompagnent, facilitent sans doute sa dissolution. Cependant cette action dissolvante est peu intense de la part des sels neutres ou alcalins, car nous avons vu avec quelle facilité il se décompose à l'état cristallin. Il n'en n'est pas de même de la part des sels acides ou des liquides à réaction acide, comme l'urine de l'homme ou même des lapins ; quand on lui donne ce caractère par l'alimentation azotée, le précipité n'a jamais lieu.

Ce principe conserve dans l'économie, au milieu des conditions complexes où il se trouve, ses réactions chimiques. L'eau froide ne le dissout pas, mais les acides le dissolvent facilement, lors même qu'ils sont affaiblis. On ne peut pas s'apercevoir nettement du fait, lorsqu'on a sous les yeux des concrétions ou des tissus osseux et dentaires dans lesquels ce phosphate est mêlé à celui de chaux ; mais le fait est plus tranché lorsque, ne voulant pas s'en rapporter exclusivement aux caractères fournis par la forme des cristaux contenus dans un liquide pour déterminer la nature du principe dont il s'agit, on en vient à l'emploi des réactifs que nous venons d'indiquer.

On peut facilement, quand on a des cristaux de ce sel pris dans l'urine des lapins, s'assurer, à l'aide de ses propriétés chimiques, que c'est bien du phosphate et non du carbonate

(1) Staffel dans Liebig, *loc. cit.*, 1852, p. 213.

(2) Schlossberger, *Anal. d'un calcul veineux* (*Journ. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXIX, p. 255).

de magnésie, comme semblent l'avoir pensé les premiers observateurs qui ont analysé ce liquide. En effet, l'acide acétique les dissout sans en dégager de gaz. Il se dégage des gaz du liquide même, lequel contient toujours des carbonates, ce qui rend l'observation difficile à cause des mouvements brusques qui résultent du dégagement du gaz, mais il est toujours possible d'arriver à voir que ce ne sont pas les cristaux qui fournissent ce fluide aériforme.

917. — C'est principalement avec le phosphate de chaux que celui de magnésie paraît être combiné dans l'économie pour former la substance organisée. Il l'accompagne partout, et sans doute il est comme lui uni, combiné aux principes azotés non cristallisables pour former soit la substance des os, des dents, ongles, cheveux, etc., ainsi que celle de différents liquides. La diffusion de ce principe dans tous les tissus, toutes les humeurs, tend à prouver qu'il joue un rôle important dans la constitution des solides et des liquides ; qu'il est une condition d'existence de ceux-ci, digne d'être prise en considération par les physiologistes. Mais on ne sait rien de particulier sur lui, rien qui ne lui soit commun avec tous les autres principes immédiats d'origine minérale.

918. — Pendant longtemps on a cru que le phosphate de magnésie n'existait pas dans la nature inorganique, mais il a été rencontré par Fuchs (1), qui l'a appelé *wagnerite* ou *magnésie phosphatée ;* depuis lors il a été décrit par M. Lévy, etc. (2). Il se trouve dans les semences des graminées. C'est probablement par les aliments végétaux que ce principe pénètre dans l'économie animale, car il est assez rare dans le règne minéral. C'est en se nourrissant d'espèces herbivores dont les os renferment plus de ce sel que ceux des carnivores que les animaux exclusivement carnassiers en introduisent dans leur organisme.

C'est par l'urine que le surplus de la quantité de ce principe, nécessaire à l'accomplissement régulier des actes vi-

(1) Fuchs, *Jarbuch für Mineralogie*, 1823, t. III, p. 269.
(2) Lévy, *Philosophical magazine*, 1827, t. I, p. 123.

taux, s'échappe hors de l'économie au fur et à mesure qu'il en pénètre par les aliments. Il s'en échappe également par les matières fécales, non seulement parce qu'il en reste dans les résidus de la digestion, mais parce que les sels des liquides intestinaux, tels que le suc pancréatique, en renferment. Dans diverses circonstances morbides, une partie du phosphate de magnésie passe à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien dans l'organisme par suite de formation d'un peu d'ammoniaque. C'est ce qui a lieu dans les urines et dans les matières fécales des individus atteints de typhus ou de dyssenterie.

919. — Ce principe présente des actes physiques d'endosmose et d'exosmose et des actes chimiques directs de dissolution et de combinaison aux substances organiques auxquelles il se fixe. Telles sont celles des tissus osseux et dentaires, ainsi que celle des fibres musculaires, auxquelles il en reste une certaine fixée en même temps que du phosphate de chaux qui n'est pas enlevé en totalité par l'ébullition.

920. — *Extraction.* Pour constater l'existence de ce principe dans un liquide ou un tissu, il faut réduire le tout en cendre, dissoudre la masse dans de l'acide chlorhydrique faible, puis ajouter à la solution du chlorhydrate d'ammoniaque et de l'ammoniaque ; il se forme un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien. La formation de ce précipité indique d'une manière certaine la présence du phosphate de magnésie. On peut, du reste, dans quelques cas, comme lorsqu'il s'agit de l'urine de certains herbivores, l'obtenir cristallisé par simple évaporation du liquide. On le reconnaîtra par la forme des cristaux de la planche IX et par la description que nous en avons donnée plus haut.

921. — *Historique.* Le phosphate de magnésie a d'abord été trouvé dans l'urine. On doit cette découverte à Fourcroy, qui la fit en 1780 (1). Wollaston vérifia le fait quelques années après (2) ; Stipriaan Luiscius et Bondt le trouvèrent ensuite dans le lait de femme (3) ; Fourcroy et Vauquelin essayèrent d'en préciser la quantité dans l'urine, dès 1799 (4) ; Nicolas et Gueudeville en trouvèrent aussi dans les dépôts de l'urine d'individus bien portants, ainsi que dans celle des diabétiques (5). Peu après,

(1) Fourcroy, *Mém. de l'Acad. des sc.*, in-4°. Paris, 1780.

(2) Wollaston, *Transact. philosoph.*, 1797.

(3) Stripriaan Luiscius et Bondt, *Mém. de la Soc. de méd. de Paris*, 1787-1788, t. IX, p. 525.

(4) Fourcroy et Vauquelin, *Premier mém. pour servir à l'hist. nat. clinique et médicale de l'urine* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXI, p. 48).

(5) Nicolas et Gueudeville, *Recherches chimiq. et médicinales sur le diabète sucré ou phthisurie sucrée* (*Ann. de chim.*, 1802, t XLIV, p. 45).

Fourcroy et Vauquelin découvrirent ce principe dans les os des animaux (1). Depuis lors, ce principe y a toujours été retrouvé, et plus tard Berzelius le découvrit dans l'ivoire dentaire (2). Vauquelin en a trouvé le premier dans le cerveau (3); Pearson en indique, mais avec doute, dans les expectorations bronchiques et pulmonaires (4). Ce fut dès 1806 que Berzelius en trouva dans les excréments (5). Brandes a montré que les calculs qui ont séjourné dans les reins sont recouverts d'une couche de sels dont le phosphate de magnésie forme une partie (6). Volta et Brugnatelli disent en avoir vu dans des calculs vésicaux (7). Fourcroy et Vauquelin n'en ont pas trouvé.

Chez les animaux, on en a indiqué dans l'eau de l'amnios (8) de la vache. Chaptal en a trouvé probablement dans le lait de vache, car il y indique la présence de la magnésie (9). Fourcroy et Vauquelin en fixèrent approximativement la quantité (10), fait vérifié par John peu de temps après (11) et par Schwartz (12). Fourcroy en a trouvé le premier dans les concrétions du côlon des chevaux (13); ce sel en formait quelquefois les deux tiers. Fourcroy et Vauquelin en ont aussi vu dans les bézoards intestinaux (14); ils en ont également trouvé dans ceux d'éléphant et de rhinocéros (15). Dans un mémoire spécial sur ce sujet, Vauquelin forme la

(1) Fourcroy et Vauquelin, *Sur la présence d'un nouveau sel phosphoriq. terreux dans les os des animaux, et sur l'analyse de ces organes en général* (*Ann. de chim.*, 1803, t. XLVII, p. 244).

(2) Berzelius, *loc. cit.*, 1812.

(3) Vauquelin, *Analyse de la mat. cérébr. de l'homme et de quelques anim.* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXI, p. 37).

(4) Pearson, *Transact. philos.*, 1809.

(5) Berzelius, *Neues algem.* (*Journ. der Chem.*, 1806, t. VI, p. 537).

(6) Brandes, *Philos. transact.*, 1808.

(7) Volta et Brugnatelli, dans Brugnatelli, *Lettre à Fourcroy sur l'anal. des calculs urinaires de l'homme et du cochon* (*Ann. de chim.*, 1789, t. XXXII, p. 181).

(8) Vauquelin et Buniva, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXIII, p. 275).

(9) Chaptal, *Élém. de chim.*, 1790, t. IV, p. 522.

(10) Fourcroy et Vauquelin, *Journal de chimie et de physique*, 1806, t. II, p. 515.

(11) John, *Laborat. chim.*, 1808, t. I, p. 450.

(12) Schwartz, *Dissertatio inauguralis sistens nova experimenta circa lactis principia constituentia*. Kiel, 1813.

(13) Fourcroy, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 63-113).

(14) Fourcroy et Vauquelin, *Ann. du Mus. d'hist. natur.*, 1804, t. IV, p. 329.

(15) Fourcroy et Vauquelin, *Ann. du Muséum d'hist. natur.*, 1800, t. I, p. 93.

troisième classe des bézoards intestinaux de ceux qui sont constitués uniquement, ou à peu près, de phosphate de magnésie (1). Il en a trouvé également dans les calculs vésicaux du chien, du cochon, des rats et des chats (2). Frommherz et Gugert en ont observé beaucoup dans l'urine d'un individu atteint de fièvre lente nerveuse, dont l'urine déposait beaucoup d'acide urique et ne contenait presque pas d'urée (3). Nous avons indiqué, chemin faisant, les auteurs qui ont vérifié plus récemment les résultats obtenus par les premiers chimistes ; il est donc inutile ici, comme précédemment, de les citer de nouveau. Richardson est le seul qui ait dosé la quantité de phosphate de magnésie du sang ; il en indique 0,193 pour 1000 (4). M. Lebert a représenté exactement ceux qu'il a trouvés dans le pus et la partie malade d'un os maxillaire atteint de nécrose (5). Harting (6) en a également figuré, mais ses figures sont assez mauvaises.

CHAPITRE XXVIII.

PHOSPHATE AMMONIACO-MAGNÉSIEN.

Synonymie : *Phosphate double d'ammoniaque et de magnésie, phosphate d'ammoniaque et de magnésie, triple phosphate* de quelques auteurs. $AzH^3.HO.2MgO.PhO^5 + 12HO$.

922. — Il est assez rare de trouver ce principe à l'état normal dans les liquides animaux, si ce n'est toutefois dans l'urine du cheval. De plus, M. Braconnot en a trouvé 0,10 pour 100 dans l'urine d'un veau nourri du lait de sa mère. Ordinairement il se forme dans des liquides en voie d'altération dont l'ammoniaque se combine au phosphate de magné-

(1) Vauquelin, *Quest. sur la format. des bézoards intest.* (*Ann. du Mus. d'hist. nat.*, 1812, t. XVII, p. 497).

(2) Vauquelin, *Quest. sur la format. des bézoards* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXIII, p. 738).

(3) Frommherz et Gugert, *Chemische Untersuchungen verschiedeiner Theile des menschlichen Kœrpers und einiger pathologischen Product.* (*Journ. de Schweigger*, 1811, t. L, p. 447).

(4) Richardson, *Anal. du sang humain* (*Journ. de chim. méd.*, 1837, t. III, p. 76).

(5) Lebert, *Physiologie pathologique*, in-8°, 1845, atlas, pl. II, fig. 6, et pl. VII, fig. 4.

(6) P. Harting, *Het Microskoop, des zelts Gebruik, Geschiedenis en Tegenwoordige toestand.* Utrecht, 1848, vol. III, pl. III, fig. 62.

sie, d'où résulte la formation de ce sel double. La couche brillante cristalline qui se trouve quelquefois au bout de vingt-quatre heures seulement, et même plutôt, à la surface de l'urine qu'on abandonne à elle-même dans un verre à expérience, est formée des cristaux de ce sel. Ce fait est constant dans l'urine humaine prise aux heures du jour où au lieu d'être acide elle est neutre, fait qu'a démontré M. Delavaud (1) et qui se rencontre surtout vers le matin. Ces cristaux dans l'urine acide abandonnée à elle-même se forment dès qu'elle passe au neutre, avant même qu'elle réagisse alcaline. La couche particulière de substances azotées en voie d'altération qui se montre à la surface de l'urine des femmes en couche, après un jour ou deux de repos, renferme également assez souvent des cristaux de ce sel. Les sédiments des urines alcalines sont ordinairement composés en grande partie de phosphate ammoniaco-magnésien. Rien dans quelques cas ne ressemble davantage, ainsi que le remarque M. Donné (2), à une couche de pus que ce dépôt salin au fond des vases. M. Braconnot en a trouvé 0gr.,18 dans l'urine de veau (3).

On en rencontre quelquefois dans l'urine fraîche de cheval et même dans celle de l'homme. Il forme des concrétions quelquefois très volumineuses, comme celles qu'on rencontre dans le cœcum du cheval.

On trouve aussi cette substance cristallisée dans les excréments rendus dans diverses maladies, mais principalement et d'une manière constante dans la dyssenterie et le typhus. Dans les affections graves de la vessie, et à la suite d'affections de la moelle épinière, on observe des sédiments presque entièrement composés de semblables cristaux; ces sédiments sont incolores ou d'un blanc sale.

(1) Delavaud, *Sur les variations d'acidité de l'urine aux diverses heures du jour* (*Comptes rendus des séances* et *Mémoires de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1851, p. 118).

(2) Donné, *Cours de microscopie*, in-8°. Paris, 1844, p. 254.

(3) Braconnot, *Anal. des urines de veau et de mouton* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1847, t. XX, p. 238).

Le phosphate ammoniaco-magnésien se trouve dans des calculs vésicaux, plus souvent encore dans des calculs rénaux de l'homme et des autres mammifères (1). On le trouve aussi dans des graviers; souvent il est pur et même à l'état cristallin, formant à lui seul des calculs ou des couches de ceux-ci. Il concourt fréquemment, surtout avec le phosphate de chaux, à former le sable vésical. Quelquefois on l'a trouvé formant le noyau de calculs reinaux ou vésicaux; il avait alors quelquefois l'aspect cristallin (2). Brugnatelli décrit un calcul utérin qui avait pour centre une masse de phosphate ammoniaco-magnésien, et pour enveloppe du phosphate calcaire (3). Ohme en a trouvé 1,50 pour 100 dans des calculs urinaires du cheval (4), fait qui ne présente rien d'étonnant lorsqu'on sait que l'urine de cet animal renferme ce sel comme principe normal. Schultze en a trouvé 4,13 et 5,15 pour 100 dans deux calculs salivaires de l'homme (5). Bley en indique 1 pour 100 dans des calculs biliaires nageant dans une sorte de bouillie qui remplissait la vésicule du fiel (6).

On en trouve aussi dans les calculs intestinaux ou bézoards humains. Children en a trouvé 5,16 pour 100 dans un calcul de cette espèce (7).

923. — On le trouve fréquemment sous forme cristalline. Les cristaux dérivent du prisme droit à base rectangulaire; mais il est extrêmement rare de les trouver avec cette forme type. Ils sont habituellement modifiés d'un très grand nombre de manières par des décroissements sur les arêtes et sur les

(1) Brandes, *Philos. transact.*, 1808, p. 238.

(2) Chevreul, *Anal. des concrét. trouvées dans les vaisseaux urinaires du rein de bœuf* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1849, t. XVI, p. 196).

(3) Brugnatelli, *Litologia umana, ossia ricerche*, etc., in-fol. Pavia, 1819.

(4) Ohme, *loc. cit.*, 1847, t. XCVIII, p. 287.

(5) Schultze, *loc. cit.* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1847, t. XXXIX, p. 29).

(6) Bley, *Calculs de la bile* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1834, t. III, p. 115).

(7) Children, *Sur quelques concrét. alvines trouvées, après la mort, dans le côlon d'un jeune homme* (*Arch. gén. de méd.*, 1823, t. II, p. 148).

angles qui peuvent se combiner de telle sorte que souvent ils offrent des formes extrêmement compliquées (pl. VII, fig. 1, *e e e*). Les formes *a* et *b* sont les plus fréquentes dans la couche crémeuse, brillante, qui se forme à la surface de l'urine normale, neutre, à la suite de quelques heures de repos; elles sont, en général, proportionnellement plus larges. Ce sont des formes analogues qu'on trouve aussi le plus fréquemment dans les matières fécales de la dyssenterie et des typhoïques. Dans les dépôts morbides, ce sont surtout les formes de la figure 2 qu'on trouve habituellement, ainsi que de la figure 1, *c* et *d*. Ce sont, dans les uns et les autres de ces cas, un peu de toutes ces formes qu'on trouve, mais avec prédominance de quelqu'une dans telle ou telle circonstance. Les cristaux comme *d*, *e*, *f*, se trouvent surtout dans le cas où l'on a formé artificiellement le phosphate double par addition d'un peu d'ammoniaque à l'urine fraîche.

L'urine de cheval fraîche laisse déposer par le repos, sur les parois des vases, de gros cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien, ayant les formes représentées par les figures 1 et 2, mais généralement de grand volume.

Ce volume est du reste partout d'autant plus grand que les cristaux sont depuis plus longtemps dans le liquide où ils se forment. On trouve, de plus, dans l'urine de cheval quelques autres formes (pl. VII, fig. 3). Les formes *a* et *b* sont abondantes; souvent elles offrent des décroissements sur les angles ou les arêtes; ces formes se trouvent aussi quelquefois chez l'homme. Les lamelles *d d* se forment quand les cristaux commencent à se déposer; plus tard, elles deviennent des prismes. Les formes *c* sont assez rares.

924.— Les couches formées de ce sel ou les noyaux sont généralement blancs ou grisâtres; quelquefois blancs et parcourus de stries grisâtres, irrégulières; quelquefois ils deviennent noirâtres, quand il y a des matières animales en voie d'altération dans le rein. Seul ou uni aux phosphates de chaux, il forme toujours une substance friable, surtout tant qu'elle est humide.

C'est de tous les principes entrant dans la composition des calculs celui qui y conserve le plus souvent l'aspect cristallin ; quelquefois même la masse est mêlée de petits cristaux transparents ayant les formes déjà décrites, mais souvent aplaties. Brugnatelli, qui signale le fait, a trouvé des noyaux entièrement formés de cristaux de ce sel assez fortement unis ensemble (1). C'est plus souvent à la surface ou dans les fissures (2) des calculs qu'on en trouve. Il s'en forme quelquefois assez rapidement dans les trous opérés par le perce-pierre, fait qu'on a constaté quand la lithotritie n'ayant pu être achevée, on a été forcé de recourir à la taille (3).

925. — Le phosphate ammoniaco-magnésien existe rarement à l'état liquide dans l'économie, ou du moins il ne s'en trouve là qu'une petite quantité, car on sait qu'il est peu soluble dans l'eau froide et dans les solutions d'autres sels. Ce n'est, par conséquent, que dans les urines acides qu'il peut s'en trouver un peu à cet état. C'est presque toujours à l'état solide qu'on trouve ce principe, parce qu'il se précipite aussitôt qu'il est formé dans les liquides de la nature des matières fécales et des urines neutres et alcalines.

926. — On voit, d'après ce qui précède, que ce principe ne présente rien de particulier relativement aux principes avec lesquels il est combiné et sur la part qu'il prend à constituer la substance des humeurs dans lesquelles on le rencontre.

Pour former la substance des calculs, il est habituellement uni à du phosphate de chaux ; quelquefois à de l'acide urique, de l'urate d'ammoniaque, de l'urate, de l'oxalate et même du carbonate de chaux et du phosphate acide de chaux ; quelquefois il forme à lui seul une couche de certains calculs (Bigelow), ou même un calcul entier.

(1) Brugnatelli, *Litologia umana, ossia ricerche chimiche e mediche sulle sostanze petrose che si formano in diverse parti del corpo umano sopratutto nella vesica orinaria*, in-fol. Pavia, 1819, p. 53, pl. III, fig. 42.

(2) Wollaston, *Philosoph. transact.*, 1797, p. 590.

(3) Civiale, *Traité de l'affect. calculeuse*, in-8°. Paris, 1838, p. 19.

927. — Ce principe n'existe pas dans le règne minéral. Mais on en trouve dans les substances incombustibles du blé; il est peut-être ici formé par destruction d'autres principes pendant la combustion ; il peut, par exemple, se faire que l'ammoniaque qui se dégage pendant l'incinération du blé se combine au phosphate de magnésie que renferment souvent les céréales. Celui qu'on trouve dans l'économie animale doit donc être regardé comme s'y formant de toutes pièces. Malgré cela, ce principe est tellement analogue à beaucoup de sels d'origine minérale, il se fabrique artificiellement avec tant de facilité, et les conditions de sa formation sont tellement peu organiques, se rapprochent tellement des conditions de formation des sels d'origine minérale, que nous n'avons pas hésité à le placer dans la première classe des principes immédiats. Il appartient à celle-ci par tous les caractères autres que ceux d'origine.

Nous avons déjà noté, en traitant du phosphate de magnésie, que le phosphate ammoniaco-magnésien se forme dans tous les liquides alcalins de l'économie qui renferment le premier de ces principes. Il se forme encore dans tous ceux qui s'altèrent ou ont une tendance à le faire, comme les matières fécales dyssentériques et typhoïdes. Il se forme après la mort dans la plupart des humeurs qui commencent à se putréfier.

Ce sel se forme en certaine quantité, et se dépose dans l'urine toutes les fois que celle-ci est alcaline, soit par suite de lésion des reins, soit par l'influence de certaines substances alimentaires introduites dans l'estomac.

Tout porte à croire que le phosphate ammoniaco-magnésien se forme dans les liquides où on le trouve, tels que l'urine, les matières fécales, par combinaison d'une certaine quantité d'ammoniaque au phosphate de magnésie. Cet alcali n'existe ainsi jamais, à proprement parler, à l'état libre, puisqu'à l'état naissant il se combine à un autre corps, soit à un sel, soit à l'acide carbonique.

Ce double phosphate s'échappe donc avec le liquide même dans lequel il s'est formé. Dans l'urine, il se dépose souvent

autour de certains calculs qu'il concourt à former ; il en augmente le volume par addition de couches concentriques, mais il est rare qu'il en forme le noyau.

Il s'en forme et s'en échappe beaucoup par les urines, quand on administre des eaux alcalines à l'intérieur, par suite du passage facile des corps de cette nature dans l'urine. M. Donné (1) cite le cas d'un malade chez lequel un séjour intempestif de deux semaines à Vichy avait suffi pour déterminer la formation d'un calcul entièrement formé de phosphate ammoniaco-magnésien. Il est probable, d'après ce qui précède, que les eaux alcalines ne doivent être administrées d'une manière prolongée qu'autant que les urines sont acides, et il faut pendant leur administration suivre les modifications qu'éprouve cette humeur.

928. — *Extraction.* Dans les cas d'analyses des tissus, des humeurs ou des calculs contenant du phosphate de magnésie, dissous par un léger excès d'acide, on décèle la présence de ce sel par addition d'ammoniaque qui précipite du phosphate ammoniaco-magnésien. Ce dernier, précipité rapidement, prend des formes diverses, importantes à connaître. Ce sont, par exemple, des groupes étoilés, dendritiques, confus, comme pl. VIII, fig. 1, ce qui se voit dans l'urine évaporée dont on précipite rapidement le double phosphate par l'ammoniaque ; ou bien ce sont les formes de la pl. VIII, fig. 2, qu'on obtient surtout dans l'analyse des calculs urinaires contenant du phosphate de magnésie. Dans ce cas, les formes *a a* sont les plus nombreuses. Les groupes étoilés, dendritiques *b b*, sont plus rares. Quelquefois le précipité est presque entièrement formé des petits groupes *c c* et *d d*. Ordinairement, ces derniers sont mêlés aux précédents en proportion plus ou moins considérables. Ces figures ont été faites d'après les préparations de notre ami le docteur Samuel Bigelow, auquel on doit les analyses récentes de la nombreuse collection des calculs urinaires du musée Dupuytren.

Pour extraire le phosphate ammoniaco-magnésien des concrétions dans lesquelles il se trouve, il faut dissoudre la masse par de l'acide acétique, puis précipiter la solution par de l'ammoniaque que reformera le sel primitif ; on pourra alors l'examiner au microscope pour constater son identité. Les sédiments des urines alcalines sont généralement formés de ce sel. Il peut fréquemment simuler un dépôt purulent. Quelquefois rien ne ressemble plus à une couche de pus que le dépôt de ce phosphate au fond

(1) Donné, *Cours de microscopie*. Paris, 1844, p. 259, in-8°.

des vases. Il suffira de porter un peu du sédiment sous le microscope, pour reconnaître les cristaux décrits précédemment (pl. VII, fig. 2) et les distinguer des globules de pus. Comme le remarque M. Donné, quelle que soit la variété des formes des cristaux de ce principe, on les reconnaît facilement avec un peu d'habitude, attendu qu'ils diffèrent de tous ceux appartenant aux autres sels qui cristallisent dans l'urine ; s'il restait le moindre doute, il suffirait de les traiter par les acides faibles comme l'acétique ; on voit alors les cristaux se fondre et disparaître au moindre contact de l'acide sans dégagement de gaz, ni persistance d'aucun résidu. Ce caractère distingue le phosphate double des cristaux d'acide urique et d'oxalate de chaux, qui sont insolubles dans les acides faibles ; de l'urate de soude qui d'abord est pulvérulent et, de plus, laisse déposer par les acides de petites lames rhomboïdales d'acide urique. Si l'on ajoute de l'ammoniaque à la solution du phosphate double dans l'acide faible, ce sel se précipite de nouveau avec les formes de la figure 1, planche VIII ou de la figure 2. D'après Berzelius et M. Rayer (1), c'est du phosphate bibasique qui cristallise ainsi, et le phosphate neutre donne les cristaux de la planche VII.

Lorsque le phosphate ammoniaco-magnésien précipité de la sorte s'est déposé rapidement, il se dépose en lames étoilées à cinq ou six branches (pl. VIII, fig. 2, *a*, *a*, *a*, *a*) très élégantes, régulièrement dentelées sur les bords, striées en long vers le milieu qui représente une sorte de tige ou rayon médian. Des groupes plus volumineux, mais peu nombreux, se déposent au milieu des autres ; ils sont formés (*b*, *b*) de six à dix rayons principaux, chargés d'un nombre considérable de ramifications secondaires qui donnent au tout un aspect très élégant. Ces petites subdivisions sont formées de petites aiguilles prismatiques à extrémité coupée carrément (*e*) ou en biseau, perpendiculairement ou obliquement implantées sur les rayons principaux. Les formes précédentes sont toujours accompagnées de plus petites masses stelliformes, constituées à peu près d'après le même type ou par des prismes un peu plus gros (*d*, *d*, *d*, *c*, *c*, *c*). Quelquefois, sans qu'on puisse savoir pourquoi, les dépôts sont entièrement formés de ces plus petits groupes cristallins (*c c*, *c*, *d*, *d*, *d*). Un peu plus ou un peu moins de concentration du liquide, la température, etc., font varier considérablement la quantité de telle ou telle forme des groupes sans que l'aspect caractéristique ait néanmoins disparu.

Lorsqu'à l'urine humaine on ajoute un peu d'ammoniaque, il se dépose bientôt des cristaux ayant les formes représentées figure VII. Il serait trop long de décrire ici les nombreux décroissements de ces prismes. L'inspection de la planche en apprendra beaucoup plus. Ceux de la forme *b* sont les plus communs de ceux qu'on observe dans l'urine normale neutre du

(1) Rayer, *Traité des maladies des reins*, Paris, 1839, t. I, p. 105, pl. III, fig, 4. — Vigla, journal *l'Expérience*, 1838, t. I, p. 195 à 407.

matin, lorsque après quelques heures de repos, il se forme une couche un peu brillante à sa surface. Ils peuvent seulement être un peu plus ou un peu moins larges, ou au contraire plus longs par rapport à la largeur. Dans les dépôts des urines neutres ou alcalines morbides, ce sont les mêmes formes qu'on trouve, et de plus, celles représentées en *c* et en *d*. Dans les urines du cheval, surtout après vingt-quatre ou trente heures de repos, on trouve des cristaux de ce sel ayant toutes les formes de la figure 1, planche VII, ou analogues, mais plus gros ; ils accompagnent le dépôt de carbonate de chaux. On trouve en outre dans l'urine de cheval les formes de la planche VII, figure 3, principalement contre les parois du vase où repose le liquide. Les formes *a* et *b* de cette figure sont surtout fort nombreuses, avec des décroissements sur les angles plus ou moins prononcés. On y trouve aussi, mais principalement au fond du vase, mêlées au carbonate calcaire, des lamelles très minces, très transparentes du même sel (fig. 3, *d*). Elles accompagnent les cristaux représentés figure 1, mais elles sont bien moins nombreuses.

929.— *Historique.* Ce sel a d'abord été trouvé dans des calculs urinaires. C'est à Fourcroy qu'on en doit la découverte, faite en 1787, mais publiée seulement en 1794 (1). On trouve dans le *Système de chimie* de Thomson, que Tennant indiqua dans des calculs en 1797, de l'acide phosphorique, de la magnésie et de l'ammoniaque. Il le signala ensuite avec Vauquelin, comme existant dans l'urine pourrie (2). Wollaston en trouva peu après dans les calculs vésicaux fusibles, contenant en outre du phosphate de chaux et de l'acide urique. D'après Berzelius et M. Rayer, c'est le phosphate double bibasique qu'on trouve dans l'urine pourrie. Berzelius, puis MM. Rayer et Donné sont les premiers qui en aient signalé dans les urines alcalines des individus bien portants, par suite de l'emploi des aliments végétaux ou l'ingestion des carbonates alcalins ; ils en ont également indiqué chez les individus cachectiques ou atteints d'affections du rein, avec formation d'urine alcaline sans odeur de putréfaction. Ils en ont trouvé dans l'urine devenue alcaline par altération dans la vessie, suite de rétention trop prolongée, fait vérifié par nombre d'observateurs. Fourcroy et Vauquelin (3) ont trouvé du phosphate de magnésie et d'ammoniaque autour de calculs mûraux ou d'un noyau d'acide urique.

Le phosphate ammoniaco-magnésien a été rencontré dans un très grand nombre de concrétions chez les animaux. Il est probable qu'il faut considérer comme constituant ce principe, l'acide phosphorique, la magnésie et l'ammoniaque, ou le phosphate de magnésie et le phosphate d'ammo-

(1) Fourcroy, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 68).

(2) Fourcroy et Vauquelin, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, an VII t. XXXI, p. 48).

(3) Fourcroy et Vauquelin, *Mém. de l'Institut nat. de France*, an II, t. IV, p. 112.

niaque indiqués par Fourcroy (1), Bartholdi (2) et Klaproth (3), comme constituant des calculs du gros intestin chez le cheval. Fourcroy et Vauquelin en ont trouvé dans les bézoards d'éléphant, de rhinocéros et de différents animaux (4), Fourcroy et Laugier dans les calculs urinaires d'une chienne (5), et enfin Brandes dans les calculs urinaires du cheval (6). Marcet a trouvé le phosphate ammoniaco-magnésien formant une concrétion blanche à la surface du poumon d'un nègre. Il l'a trouvé aussi, soit cristallisé, soit mêlé à du phosphate de chaux, dans un calcul du rectum d'un enfant né avec un anus imperforé, et dans lequel il paraissait y avoir dit-il, communication entre le rectum et la vessie. Il l'a trouvé aussi dans les calculs intestinaux, formés en partie des poils courts qui surmontent le grain d'avoine. C'est surtout chez les paysans écossais se nourrissant de pain d'avoine qu'il l'a rencontré (7). Henry (8) signale du phosphate ammoniaco-magnésien dans diverses concrétions pulmonaires. Il y avait en même temps avec lui un peu de phosphate et de carbonate de chaux.

Un calcul de porc analysé par Caventou était presque entièrement formé de phosphate ammoniaco-magnésien (995 sur 1000), le reste était de la matière animale (9). Lavini a trouvé aussi que les concrétions du cœcum intestinal du cheval étaient formées surtout de phosphate ammoniaco-magnésien avec du phosphate de chaux (10). Il existe aussi de ce sel avec du phosphate de chaux et de la matière écailleuse pulvérulente des cheveux (11). M. Boutigny a vu ce sel dans des calculs préputiaux noirci d'urate d'ammoniaque (12). M. Moissenet (13) a trouvé du phosphate ammoniaco-magnésien cristallisé à la surface péritonéale du côlon ascen-

(1) Fourcroy, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 68.

(2) Bartholdi, *Sur un calcul urinaire de cochon* (*Ann. de chimie*, 1799, t. XXXII, p. 185).

(3) Klaproth, *Mém. de l'Acad. de Berlin*, 1802, p. 10.

(4) Fourcroy et Vauquelin, *Mém. de l'Institut nat. de France*, an II, t. IV, p. 112.

(5) Fourcroy et Laugier, *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, 1804, t. III, p. 304.

(6) Brandes, *Philos. transact.*, 1808.

(7) Marcet, *Essai sur l'hist. chimique et le traitement médical des concrét. urinaires*, 2e édit., in-8°, 1819, ch. VII.

(8) Henry dans Gmelin, *Chimie*, 1829, t. II, p. 1350.

(9) Caventou, *Exam. chimiq. de quelques product. anim.* (*Journ. de pharm.*, 1825, t. II, p. 462).

(10) Lavini, *Analyse de calculs intest. énormes* (*J. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 198).

(11) Gueranger, *Examen chimiq. d'une subst. écailleuse qui se trouve dans les cheveux* (*Journ. de chim. méd.*, 1829, t. V, p. 578).

(12) Boutigny, *Analyse des calculs préputiaux* (*J. de chim. méd.*, 1838, t. IX, p. 946).

(13) Moissenet, *Dépôt de phosph. ammoniaco-magnésien cristallisé à la surf. du péritoine* (*J. de chim. méd.*, 1838, t. IV, p. 461).

dant d'un homme mort de méningite, l'autopsie ayant été faite trente-six heures après la mort. M. Lassaigne a observé que les calculs intestinaux des chevaux, surtout de ceux qu'on nourrit de son, se trouvent formés en grande partie par du phosphate ammoniaco-magnésien, avec du phosphate de chaux et des matières animales et végétales (1). M. Girardin est arrivé au même résultat : il a signalé 48 pour 100 du premier de ces sels, et 19 pour 100 du second (2). Stromeyer dit avoir trouvé du phosphate ammoniaco-magnésien dans le sable des plexus choroïdes (3). Cédié a trouvé aussi les calculs intestinaux de cheval formés presque en totalité de phosphate ammoniaco-magnésien (4). Hopff en a trouvé également dans divers calculs urinaires ; il s'y trouvait uni à de la silice, du fer, de la matière animale et du phosphate de chaux (5). Sarzeau en a trouvé de parfaitement cristallisé à la surface de calculs urinaires (6). M. Garot en a trouvé à l'état cristallin dans l'urine, quelques heures après l'administration de la magnésie (7).

De bonnes figures de ce sel ont été données par Vigla (8), Simon (9) et Vogel (10). Les premiers de ces auteurs représentent le phosphate ammoniaco-magnésien bibasique, mais moins bien que l'autre. Vogel le figure d'après des cristaux trouvés dans des solides. Le phosphate ammoniaco-magnésien a été figuré et décrit exactement par beaucoup d'auteurs que nous avons déjà cités : tels sont M. Rayer (11) et surtout MM. Donné et Foucault (12), qui en ont pris l'image au microscope daguerréotype ;

(1) Lassaigne, *Journ. de chim. méd.*, 1831, t. VII.

(2) Girardin, *Exam. d'un calcul intest. de cheval* (*J. de chim. méd.*, 1841, t. VII, p. 233).

(3) Stromeyer dans Valentin, *Traité de névrologie. — Encyclopédie anat.*, trad. par Jourdan, in-8°, t. IV. Paris, 1843, p. 141.

(4) Cédié, *Rech. analyt. sur un calcul intestinal de cheval* (*J. de pharm.*, 1832, t. XVIII, p. 224).

(5) Hopff, *Suite des anal. de plus. calculs vésicaux* (*J. de pharm.*, 1832, t. XVIII, p. 152).

(6) Sarzeau, *Exam. de cristaux observés à la surface de deux calculs urinaires* (*J. de pharm.*, 1836, t. XXII, p. 618).

(7) Garot, *Phosph. ammoniaco-magnésien recueilli cristallisé dans de l'urine le jour d'une légère purgat. par la magnésie calcinée* (*J. de chim. et de pharm.*, 1850, t. XVII, p. 89).

(8) Vigla, *Étude microscopique de l'urine éclairée par l'analyse chimique* (journal *l'Expérience*, 1838, t. I, p. 177, et *Nouvelles observat. sur l'étude microscop. de l'urine*, p. 401).

(9) Simon, *Medicin. anal. Chemie*, in-8°, 1842, t. II, fig. 27.

(10) Vogel, *Icones histologiæ pathologicæ*. Leipzig, 1843, pl. VIII, fig. 14 ; pl. XXVI, fig. 5.

(11) Rayer, *Maladies des reins*, 1839, t. I, pl. III, fig. 1 et 2.

(12) Donné et Foucault, *Atlas du cours de microscopie*, in-fol., 1845, fig. 53 et 54.

aussi leur figure est-elle la meilleure qu'on possède. M. Lebert les a très exactement figurés, d'après des exemples pris dans les matières fécales dyssentériques (1) ; enfin ils ont également été figurés par Harting (2). Ils ne diffèrent pas essentiellement de ceux que nous représentons. Tilt a trouvé et figuré (3) du phosphate ammoniaco-magnésien dans des tumeurs athéromateuses de l'ovaire. Frick a donné de bonnes figures de ce sel trouvé dans l'urine ; il en a trouvé qui étaient de *forme tétraédrique* avec décroissement sur les angles (voy. la fig. 5, n° 3). Il a de plus obtenu des formes foliacées que nous avons représentées (pl. VIII, fig. 2, *a*, *a*) en ajoutant de l'ammoniaque à l'urine (4). H. Bennett a également représenté les prismes de forme ordinaire (5). Heller a figuré des cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien de l'urine trouvés par le docteur Bittner dans celle de malades atteints d'endocardite (6). Ils y formaient un dépôt abondant, se rapprochant surtout des formes en étoile et des petits groupes que nous avons représentés (pl. VIII, fig 2, *a*, *a*, *d*, *d*, *d*, *c*, *c*). Sa figure est médiocrement exécutée. Heller figure en outre (7) comparativement diverses formes de phosphate ammoniaco-magnésien, de cystine, d'acide urique et d'oxalate de chaux pour qu'on puisse ainsi les comparer et ne pas les confondre, mais il n'y a réellement pas assez de ressemblance, même dans la forme des cristaux, et surtout dans leur aspect extérieur et leurs propriétés optiques, pour qu'une confusion puisse être faite entre ces espèces, si l'on emploie les pouvoirs amplifiants indiqués dans nos planches, ou même au delà, si les cristaux se trouvaient être très petits.

CHAPITRE XXIX.

PHOSPHATE NEUTRE DE SOUDE.

Synonymie : 2 NaO. HO. PhO⁵. 26 HO. *Sel de l'urine, sel essentiel ou natif de l'urine, sel fusible de l'urine, sel admirable de l'urine, sel perlé de l'urine, sel phosphorique, sel microeosmique, sel fusible à base de natrum.*

930. — Ce principe se rencontre dans tous les solides et tous les liquides de l'économie, sans exception. L'urine de

(1) Lebert, *Physiologie pathologique*, 1845, atlas, pl. VII, fig. 1 et 3.

(2) Harting, *loc. cit.*, 1848, pl. III, fig. 63.

(3) Tilt, *On the pathology of the chronic forms of ovarian diseases* (*The Lancet*, London, 1850, t. I, p. 717).

(4) Frick, *Renal affections*, in-8°. Philadelphia, 1850, p. 69, fig. V.

(5) H. Bennett, *Lectures on clinical medicine*, p. 221, fig. 99.

(6) Heller, *Mikroskopische Beitraege* (*Archiv. fur phys. und pathol. Chem. und Mikrosk.* Wien, in-8°, 1852, p. 34, pl. I, fig. 1-3.)

(7) Heller, *loc. cit.*, 1852, pl. I, fig 2 à 7.

l'homme contient, à l'état normal, du phosphate neutre de soude et du phosphate acide de soude (1).

L'urine des herbivores est bien moins riche en phosphates que l'urine de l'homme et que celle des animaux carnivores; celle-ci ne renferme pas une trace de carbonate de chaux, tandis que ce principe ne manque jamais dans l'urine des herbivores. Ces phénomènes s'expliquent aisément d'après ce que nous avons dit plus haut de l'influence de la nourriture sur la composition du sang. En effet, les sels à acides organiques tels que l'acide tartrique, malique, oxalique, etc., se transforment dans le corps des animaux en carbonates de chaux ou de magnésie, tandis que l'animal qui se nourrit de viande ou de grains riches en phosphates et ne contenant presque point de sels à acides organiques, rendra par la sécrétion urinaire beaucoup de phosphates, et point du tout de carbonates.

Il peut se trouver dans le corps de l'homme et des autres animaux toutes les différentes espèces de phosphates, soit le phosphate de soude neutre, phosphate basique ($3 NaO. PhO^5$) et phosphate acide, ainsi que les sels de potasse. Mais on ne peut que le présumer, l'analyse des cendres indiquant seulement qu'il y avait dans l'humeur des composés contenant du phosphore, plus des composés à base de soude et de potasse, sans décider quelle était leur nature. On a proposé de calciner les tissus et les humeurs, de manière que la chaleur ne soit pas assez élevée pour décomposer les phosphates; mais ce perfectionnement dans le procédé analytique porte plutôt sur l'analyse des cendres elles-mêmes, sans permettre de considérer les sels qu'on obtient ainsi, comme identiques avec ceux qui existent dans l'humeur qu'on a voulu analyser.

Ce ne sera probablement qu'au moyen du procédé que nous avons employé pour étudier l'urine, qu'on arrivera à la connaissance de ces substances comme principes immédiats : à savoir, faire cristalliser les sels contenus dans une humeur et

(1) Robin et Verdeil, *Comptes rendus des séances* et *Mémoires de la Soc. de biologie*, 1850, t. II, in-8°.

les étudier directement. Ce que nous avons fait peut se faire également pour les autres humeurs.

931. — On trouvera dans le tableau suivant les proportions de phosphate de soude pour les solides et les liquides de l'économie dans lesquels ce principe a été déterminé.

Cendres d'un cancer de la lèvre................ (1)	38,02	p. 100.
Cendres d'un encéphaloïde de la région parotidienne. (1)	87,79	—
Cancer du foie, mésentère, et du fond de la plaie du même sujet.......................... (1)	55,40	—
Cendres de la chair de veau (Staffel)..................	5,66	—
Urine (Berzelius).................................	2,94	p. 1000.
Urine (Simon).....................................	2,41	—
Urine acide (*Id.*).................................	1,85	—
Urine moins acide (*Id.*)............................	1,25	—
Urine très acide (*Id.*).............................	2,75	—
Urine (Lehman) (urine des vingt-quatre heures)..........	3,66	—
Lait de femme (Pfaff et Schwartz).....................	0,040	—
Lait de vache (Haidlen).............................	0,225	—
Cartilages (Frommherz et Gugert.)....................	0,92	p. 100.
Tubercules crétacés (2).............................	0,28	—

Nous donnons en outre ici un tableau qui indique les proportions des phosphates de soude et de potasse, en général, qu'on trouve dans le corps de l'homme et des autres animaux. Ces analyses ont été faites sur la matière préalablement calcinée ; aussi nous ne considérons pas ces résultats comme indiquant d'une manière positive la nature et la proportion des phosphates qui se rencontrent dans le corps des animaux. Ces analyses ont été faites par les élèves de M. Rose, et sous sa direction.

100 parties de sels solubles donnent en phosphates alcalins :

Pour le sang de bœuf........	1,58	KO^3PhO^5
Viande de cheval..........	11,10	NaO^2PhO^5
	83,27	KO^2PhO^5
Lait de vache...............	34,17	KO^3PhO^5
Bile de bœuf...............	6,78	KO^3PhO^5
	14,51	NaO^3PhO^5
Urine d'homme............	16,12	KO^2PhO^5
	4,55	KO^3PhO^5
Excréments solides d'homme..	20,13	KO^3PhO^5

(1) De Bibra dans Heyfelder, *Das chirurgische und Augenkranken Clinicum der Univers. Erlangen* (*Oppenheim's Zeitschrift*, 1848).

(2) Boudet, *Rech. sur la composit. chim. du parench. pulm. et des tubercules* (*Journ. de pharm.*, 1844, t. VI, p. 335).

932. — Ce phosphate, étant très soluble dans l'eau, se trouve toujours à l'état liquide dans l'économie, par dissolution directe dans l'eau. Il doit, sans aucun doute, concourir à faire de ce liquide un dissolvant pour les phosphates insolubles et autres principes qui sont dans le même cas dont nous avons parlé, ainsi que pour les substances azotées.

933. — C'est avec ces principes dont il aide la dissolution que le phosphate neutre de soude est combiné, pour concourir avec eux à la formation de la substance organisée. C'est là le seul caractère organique qu'il présente, et nous n'insisterons pas sur ce point, car ce serait répéter ce que nous avons dit à propos du sulfate de soude. Il serait difficile, du reste, de préciser avec quels autres principes celui-ci est combiné dans l'économie.

Ce que nous avons dit, pages 260 et 261, du carbonate de soude comme condition d'existence de l'alcalinité du sang; ce que nous avons dit encore de ce sel comme condition d'existence de plusieurs des propriétés du sang en raison de cette alcalinité, peut être répété pour le phosphate de soude. « Le phosphate de soude a la même saveur et la même réaction alcaline que le carbonate de soude; sa solution, mise en présence de l'acide carbonique libre, en absorbe autant que la solution de ce carbonate, et, comme celle-ci, elle perd seulement avec plus de facilité l'acide carbonique absorbé, lorsqu'on l'agite avec de l'air, qu'on l'évapore, ou qu'on l'abandonne dans le vide, tout en conservant d'ailleurs la faculté de réabsorber ce gaz dans d'autres circonstances (1). » Le remplacement du carbonate par le phosphate alcalin, et *vice versâ*, peut donc être sans influence sur les actes qui s'opèrent dans le sang, puisque leurs conditions d'accomplissement ne sont pas changées par ce remplacement.

Les phosphates et carbonates alcalins pouvant réciproquement se substituer ainsi dans le liquide sanguin sans que ses propriétés soient modifiées, on s'explique ainsi, dit Liebig, pourquoi, chez l'homme, les alternatives de régime végétal

(1) LIEBIG, *Nouvelles lettres sur la chimie*, 1852, p. 162.

et de régime animal n'altèrent pas sensiblement les actes normaux de l'économie, bien que ces alternatives aient pour effet de changer la composition du sang quant aux principes d'origine minérale. Ainsi, par exemple, le passage des tartrates, malates, citrates, etc., à l'état de carbonates, ne se trouve pas interrompu, car ils continuent à se trouver au contact de principes à réaction alcaline.

934. — *Origine.* La nourriture des divers animaux variant avec chacun d'eux, le sang des différentes espèces doit nécessairement avoir une composition également différente. Ainsi, il faut s'attendre à trouver dans le sang des carnivores des sels qui diffèrent, par leur nature ou par leur quantité, de ceux qui constituent le sang des herbivores. Cette différence est des plus sensibles pour les phosphates.

Il est en effet naturel d'admettre que le chien, nourri uniquement de viande, devra posséder un sang dont les sels se rapprocheront de ceux qui constituent la viande dont il se nourrit : l'expérience est venue confirmer cette opinion. L'un de nous (1) a fait l'analyse comparative des cendres provenant de la calcination du sang de divers animaux. Les nombres obtenus dans ces analyses ne peuvent pas être considérés comme absolus d'après ce que nous avons dit plus haut; mais le sang des divers animaux ayant été traité positivement de la même manière, les chiffres obtenus peuvent parfaitement représenter les rapports qui existent dans la composition du sang d'un animal comparée à la composition de celui d'un autre animal.

Nous avons analysé comparativement le sang du bœuf représentant le sang des herbivores; puis le sang d'un chien nourri avec de la viande, ce sang représentait celui des carnivores.

Nous avons constaté que le sang des herbivores renferme une très faible proportion de phosphates alcalins, comparativement à la quantité qu'on obtient pour le sang des carnivores. En effet, le sang d'un chien nourri avec de la viande contient près de 12 pour 100 d'acide phosphorique combiné à la soude ou à la potasse, tandis que la quantité de ce même acide dans le sang du bœuf n'est que de 3 pour 100.

Le sang du même chien nourri avec des pommes de terre ne contenait plus que 9 pour 100 d'acide phosphorique, le sang d'homme en renferme près de 10 pour 100.

Ces différences dans la composition du sang des herbivores et de celui des carnivores s'explique facilement, lorsqu'on sait que la viande contient beaucoup de phosphates, tandis que les herbages sont beaucoup plus riches en sels formés d'acides d'origine organique à base de soude ou de potasse.

(1) Verdeil, *Annal. de chim. et pharm.*, 1848, Bd LXIX, s. 97.

Il est évident qu'on arrivera à trouver des différences dans la composition des tissus et des humeurs des divers animaux. Ainsi déjà M. Strucher a trouvé que la composition de la bile des herbivores différait de celle des carnivores ; ce fait vient s'ajouter à ceux déjà connus, comme la présence et l'absence de l'acide urique ou de l'urée dans l'urine des divers animaux. D'après Liebig (1), une partie du phosphate de soude de l'économie provient du phosphate de potasse introduit par les aliments ou qui pénètre des muscles dans le sang, phosphate de potasse que le chlorure de sodium fait passer à l'état de sel de soude par double décomposition. En raison de ce fait, dans les pays où le blé et les légumineuses contiennent plus de phosphate de soude que de phosphate de potasse, il n'est pas besoin d'introduire autant de sel marin dans les aliments que dans les contrées où prédomine le phosphate de potasse.

C'est, comme la plupart des autres principes, par les urines que s'échappe le phosphate de soude ainsi que par les matières fécales, mais accessoirement. Dans l'urine, le phosphate de soude, venant à rencontrer de l'acide urique ou hippurique, perd une certaine quantité de son alcali, et le phosphate, qui d'abord avait une réaction alcaline, prend une réaction acide. C'est là un des modes de disparition du phosphate dont nous parlons, en tant qu'espèce de principe à réaction alcaline, de la même manière que disparaissent aussi de la sorte le phosphate de chaux des os et divers carbonates qui passent ainsi à l'état de sels acides.

Comme les principes de la première classe ne font que traverser l'économie, il existe une corrélation constante entre les principes qui entrent et ceux qui sortent ; il en résulte qu'en examinant, par exemple, d'une manière comparative, les sels de l'urine et ceux du sang, si l'on ne tient compte que des acides de ces sels ou que de leurs bases, on trouvera toujours des quantités à peu près correspondantes des unes et des autres, dans le sang d'une part, dans l'urine de l'autre. Mais pourtant les phosphates de soude et de potasse, lorsqu'ils abondent dans le sang, disparaissent en partie à l'état de phosphate de chaux, de magnésie, ou ammoniaco-magnésien. Or, la forme sous laquelle disparaissent ces principes n'est pas indifférente ; car tel donne lieu à la formation de calculs, et tel autre non : chez le mouton, par exemple, si c'est du phosphate de magnésie que renferme l'urine, tout se passe normalement ; si c'est du phosphate ammoniaco-magnésien, il se forme des calculs qui entraînent bientôt la mort de l'animal. Or comment arriver à reconnaître dans quelle région se forment ces principes qui deviennent nuisibles, afin de prévenir cette formation, si l'on détermine les quantités d'acide phosphorique, au lieu de chercher où existent et où manquent, où commencent à apparaître, où

(1) LIEBIG, *Sur les principes liquides de la chair musculaire* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1848, t. XXIII, p. 183).

sortent ces principes ; si l'on emploie l'analyse élémentaire au lieu de l'analyse immédiate.

935. — Le phosphate de soude présente des actes physiques d'endosmose et d'exosmose ; des actes chimiques directs de double décomposition si, réellement, il s'en forme par décomposition du chlorure de sodium au contact du phosphate de potasse. Il présente encore d'autres actes chimiques directs de décomposition par abandon d'une partie de sa base aux acides urique et hippurique au fur et à mesure de la formation de ceux-ci.

936. — *Extraction.* Dans un liquide, une eau minérale par exemple, il est impossible, dans l'état actuel de la chimie analytique, de décider quelle est la forme sous laquelle se trouvent les phosphates contenus dans la liqueur ; à plus forte raison, sera-t-il très difficile de constater positivement l'état dans lequel les phosphates se trouvent dans une humeur, comme le sang ou l'urine. En effet, pour analyser les sels contenus dans un liquide, il faut l'évaporer et calciner le résidu pour en décomposer les matières organiques. Eh bien, à cette température, les phosphates peuvent déjà éprouver des transformations notables, et lorsqu'on redissout les sels calcinés, on n'a plus du tout dans la solution les mêmes sels qu'auparavant. De plus, des circonstances non appréciables peuvent transformer dans les humeurs des corps des animaux ces différents sels les uns dans les autres ; de sorte qu'il est bien difficile de dire, à l'examen des substances incombustibles d'une humeur, quel était l'état du sel avant la calcination.

Il est à remarquer que la liqueur qu'on peut extraire des muscles contient une proportion très élevée de phosphate de potasse, et que le sang ne contient qu'une très faible proportion de ce même sel.

Nous voyons, d'après le tableau de la page 328, que le sang, le lait, l'urine, etc., renferment des phosphates alcalins; tous les tissus calcinés donnent une cendre qui renferme plus ou moins de phosphates alcalins. Ce phénomène s'explique facilement. Nous savons que les matières albumineuses qui constituent les tissus sont formées, entre autres éléments, de phosphore; nous savons, de plus, que dans la composition des tissus animaux, il entre toujours une certaine quantité de sels d'origine inorganique qu'on ne peut pas enlever par le lavage, et qui concourent, avec la partie purement d'origine organique du tissu, à constituer la matière *organisée*. Il est donc tout naturel que par l'incinération, le phosphore, un des éléments des substances formant le tissu, en se transformant en acide phosphorique, se combine avec les bases comme la soude ou la chaux qui se trouvent libres par la décomposition des matières organiques.

Il va sans dire que maints tissus à l'état normal renferment des phosphates tout formés. Ce que nous venons de dire de la transformation du phosphore sert à expliquer comment l'albumine, la fibrine, la caséine, ne peuvent pas être obtenues exemptes de cendres, malgré les lavages

même à l'eau bouillante; ces substances donnent par la calcination des cendres qui renferment toujours des phosphates.

L'étude chimique des phosphates alcalins n'a pas encore atteint le degré de précision auquel on est déjà arrivé pour la plupart des autres substances d'origine inorganique. En effet, l'acide phosphorique, suivant la manière dont il est préparé, présente des propriétés différentes, quoique ayant la même composition élémentaire. Les différences les plus sensibles, ou plutôt celles qui sont le mieux connues, consistent en ce que, dans ces trois états, l'acide phosphorique a un pouvoir de saturation différent par rapport aux bases. Ainsi les phosphates tribasiques renferment un acide phosphorique qu'on appelle l'*acide phosphorique ordinaire*, et qui jouit de la propriété de se combiner avec trois équivalents de base. Les phosphates bibasiques, ou pyrophosphates, renferment un acide phosphorique, isomère du premier; cet acide, appelé *acide pyrophosphorique*, ne se combine qu'avec deux équivalents de base. Enfin, dans les phosphates monobasiques, ou métaphosphates, on trouve une troisième isomérie de l'acide phosphorique, l'*acide métaphosphorique*, qui ne se combine qu'avec un équivalent de base. De plus, le phosphate tribasique peut changer un et deux équivalents de sa base contre des équivalents d'eau, et prendre par là un caractère et des propriétés différentes.

On voit, d'après ce qui précède, les difficultés qui accompagnent l'étude des phosphates ; il est de fait que les chimistes ne sont nullement d'accord sur la question des phosphates alcalins, et la raison en est que nous sommes encore loin de posséder toutes les données positives sur la nature de ces corps, qu'il serait nécessaire d'avoir acquises pour résoudre ces problèmes. Nous avons vu que le procédé généralement employé pour constater la présence des phosphates contenus dans les tissus et les humeurs des animaux consistait à brûler ces tissus et à analyser leur cendre, comme on aurait analysé une terre, une cendre quelconque. Nous avons démontré que ce procédé avait le grave inconvénient d'altérer les sels qui constituent les tissus, et de créer souvent des substances qui n'existaient pas avant l'incinération.

Ce procédé peut être bon pour apprendre à connaître les proportions qui existent entre les différents sels constituant un tissu ou une humeur, mais pour constater la présence d'un phosphate il faut se servir d'autres moyens. Si la nature de l'humeur ou du liquide provenant de l'extraction des sucs du tissu le permet, il faut chercher à faire cristalliser les phosphates. Pour y arriver, il faut éliminer les substances non cristallisables, telles que l'albumine et les graisses qui gênent surtout les cristallisations. Une fois des cristaux de phosphates obtenus, comme ils sont en général assez gros, il est facile, non seulement d'étudier leur forme, mais il est aisé de déterminer par quelques réactions leur nature chimique.

Lorsqu'on décante le liquide de l'urine fortement concentrée pour le

séparer du dépôt salin, et qu'on y ajoute de l'alcool absolu, il se dépose lentement sur les parois du vase des cristaux de phosphate neutre de soude (pl. IX, fig. 1 ; pl. VIII, fig. 3, *b*, *b*). Ce sont des tables dérivant du prisme rectangulaire ou rhomboïdal droit, avec décroissement sur les arêtes (*b*). Quelquefois ces plaques sont irrégulières et striées sur leurs faces de diverses manières (pl. IX, fig. 1, *c*, *c*). Ils polarisent la lumière ; ces dernières formes surtout donnent les colorations les plus remarquables par leur teinte et leur intensité. Il est facile, avec un peu d'habitude, de distinguer ces cristaux de toutes les autres espèces de l'urine, et surtout du phosphate acide, que nous décrirons plus loin.

Le phosphate de soude présente quelquefois des formes cristallines tétraédriques (pl. VIII, fig. 3, *c*, *d*, *e*). Nous n'avons pas mesuré leurs angles ; mais l'aspect de ces tétraèdres paraît plus régulier que ceux de l'*acerdèse* et du *sulfate de magnésie*, seuls tétraèdres hémièdres observés jusqu'à présent dans le *type rectangulaire droit*. On les observe surtout quand le phosphate de soude et le chlorure de sodium cristallisent dans un même liquide albumineux, par suite d'addition d'un volume égal d'alcool, ou par évaporation complète. Comme ils polarisent la lumière, on ne peut les confondre avec les tétraèdres réguliers du sel marin, qui ne polarisent pas et qui peuvent accompagner le phosphate de soude dans le cas de dessiccation complète d'un liquide. Les angles et les faces des tétraèdres sont fréquemment modifiés et peuvent ainsi passer à la forme hexagonale quand ils sont très aplatis (pl. VIII, fig. 3, *f*) ; s'ils sont épais, ils prennent la forme d'un hexagone pyramidal (pl. VIII, fig. 3, *a*). Lorsqu'ils se forment dans l'urine, ces cristaux sont presque toujours striés à la surface. Ils sont plus réguliers lorsqu'ils viennent du sang, et surtout lorsqu'ils cristallisent en présence de matières albumineuses, par évaporation du liquide au-dessous de 70 degrés. Lors même que le liquide est devenu trouble par coagulation d'une petite quantité d'albumine, les cristaux prennent des formes plus régulières que si la liqueur était dépourvue de ces matières. Lorsque celle-ci est colorée, les cristaux entraînent avec eux de la matière colorante, ou prennent un peu de la teinte qu'a l'extrait qu'on évapore. Si le liquide est incolore, les cristaux sont très transparents et incolores (pl. VIII, fig. 3, *c*, *d*, *e*, *f*). En un mot, comme le carbonate de chaux, comme le phosphate de cette base, comme le phosphate ammoniaco-magnésien, etc., le phosphate de soude, en se déposant à l'état cristallin, fixe et entraîne une certaine proportion des substances azotées qui l'accompagnent. A diverses reprises nous avons fait remarquer (t. I, p. 538) qu'on ne doit pas faire cristalliser une petite proportion seulement de liquide sur la lame porte-objet du microscope, pour ensuite l'examiner au microscope, car les cristaux qui se forment alors sont des dendrites et arborisations moins caractéristiques que les formes volumineuses. Cependant, pour le phosphate de soude comme pour le sel ma-

rin, il peut y avoir des cristaux isolés ; comme pour le chlorhydrate d'ammoniaque, les ramifications se terminent par des cristaux rectangulaires aplatis, ou tétraédriques, ou hexagonaux, qui, à 300 ou 400 diamètres ont quelquefois le volume de ceux que nous avons figurés planche VIII, figure 3, *c*, *d*, *e*, *f*. Dans d'autres circonstances, surtout quand il y a des matières albumineuses dans le liquide, et qu'il a été évaporé lentement à une basse température sur une plaque de verre, les cristaux formés sont des aiguilles larges, aplaties, adhérentes ensemble par une de leur extrémités et dans une assez grande longueur, lesquelles se terminent en pointe par leur extrémité libre. Lorsque l'évaporation est poussée jusqu'à dessiccation, l'albumine qui entoure les amas cristallins se fendille, et les fentes, loin de s'arrêter au bord des cristaux, les traversent, et ils paraissent également fendillés. Tous les extraits de l'urine ou du sang, amenés au point d'évaporation nécessaire à la cristallisation du phosphate de soude, l'altèrent, en absorbent l'eau, de sorte que ces cristaux formés peuvent disparaître au bout de quelques heures, et reparaître quelquefois sous un autre mode d'arborisation (1).

937. — *Historique.* Ce principe fut pris par Hellot et Pott, qui en parlèrent les premiers, pour de la sélénite ; il a été décrit d'abord exactement par Haupt sous le nom de *sel admirable perlé*. Margraaf l'a également

(1) Chez certains animaux, surtout les rongeurs, comme les cochons d'Inde, etc., on peut, en ajoutant un peu d'alcool à quelques gouttes du sang et laissant dessécher sur une plaque de verre, obtenir des formes tétraédriques analogues, mais sans pouvoir connaître la nature des corps qui cristallisent, vu la petite quantité de matière. C'est ce qu'on a appelé *sang cristallisé*, *cristaux dans le sang*, *substances protéiques cristallisées* (*a*), parce que, faute de connaître cette propriété de beaucoup de corps d'entraîner les substances organiques et matières colorantes en cristallisant, trompé par l'aspect rouge souvent assez intense des cristaux (mais variable pour chacun d'eux, selon qu'il y a plus ou moins de matière colorante dans le liquide où il se forme), on les a pris pour des substances organiques coagulables (matières protéiques) déposées à l'état cristallin. Des globules du sang encore incomplétement dissous par l'eau ou peu altérés par l'alcool et plus ou moins décolorés et devenus irréguliers sont quelquefois englobés par un cristal qui se forme, et reparaissent quand on dissout le cristal par de l'eau ; comme dans les cristaux granuleux de carbonate de la salive, les granulations restent évidentes dans la trame organique après qu'on a dissous le sel. Nous avons du reste, obtenu ces mêmes cristaux incolores transparents avec du sérum de cochon d'Inde ; dans le sérum dépourvu de globules de sang, ils sont libres ou plus souvent ils sont adhérents sur le bord ou les extrémités des dendrites que forme le sel, mais ils sont toujours très nets ; quelquefois ce sont des prismes rectangulaires aplatis avec ou sans décroissements.

(*a*) KUNDE, *Comptes rendus et Mém. de la Soc. de biologie*, 1852.

décrit avec soin (1), et Rouelle le jeune reconnut qu'il renferme de la soude ; il le décrit sous le nom de *sel fusible à base de natrum* (2).

Toutefois on a reconnu depuis que c'était un sel double de soude et d'ammoniaque qu'il obtenait. Schèele, dans les travaux où il annonce la présence de l'acide urique dans l'urine, emploie encore le nom de *sel fusible de l'urine* pour désigner ce principe (3). Proust, le premier, sépara en deux composés le *sel fusible des urines* (4), l'un qu'il reconnaît pour du phosphate de soude, l'autre qu'il appelle *acidum perlatum;* mais Klaproth montra que ce dernier composé n'est que du phosphate de soude ayant entraîné un excès d'acide (5). Depuis lors ce sel a toujours été nettement déterminé par les auteurs qui l'ont rencontré dans leurs analyses. Fourcroy, par exemple, l'a signalé dans les urines (6). Peu après, Vauquelin et lui en trouvèrent dans le sang (7), ainsi que dans les larmes et le mucus (8) des narines rendu par les individus atteints de coryza. Nicolas et Gueudeville en trouvèrent dans les sédiments de l'urine des individus bien portants (9). Depuis lors ce principe a toujours été retrouvé dans cette humeur. Fourcroy (10) et John (11) en indiquent la présence dans la bile. Ce dernier en trouva aussi dans la substance cérébrale (12), et le premier en a trouvé dans l'humeur aqueuse (t. IX, p. 304). D'après Haldat, il y en a dans les ventricules cérébraux (13). Fourcroy (14) et John Bostock en ont trouvé dans la salive (15). John a

(1) Haupt, *Dissertatio*, in-8°, 1740 ; et Margraff, *Mém. de l'Acad. roy. de Berlin*, in-4°, 1745, et *Dissertatio de sale urinæ nativo*. Lugd. Bat., 1753.

(2) Rouelle le cadet, *Journ. de méd. de Vandermonde*, 1771, t. XXXVI.

(3) Schèele, *Mém. de l'Acad. roy. des sc. de Suède*, 1775-1776, t. XXXVI, p. 327.

(4) Proust, *Journ. d'observations sur la physique et l'hist. nat.*, de l'abbé Rozier, in-4°, 1781, p. 145.

(5) Klaproth, *Ann. de chim. de Crell*, 1785, t. I, p. 236.

(6) Fourcroy, *Expér. sur des mat. anim.* (*Ann. de chim.*, 1791, t. VII, p. 146).

(7) Fourcroy et Vauquelin, *Examen chimique des larmes et de l'humeur des narines* (*Ann. de chim.*, 1792, t. X, p. 120 et 125).

(8) Fourcroy, *Expér. sur des matières anim.* (*Ann. de chim.*, 1791, t. VII, p. 146-187).

(9) Nicolas et Gueudeville, *Rech. chim. sur le diabète sucré ou phthisurie sucrée* (*Ann. de chim.*, 1802, t. XLIV, p. 45).

(10) Fourcroy, *Syst. des conn. chimiq.*, an IX, t. X, p. 33.

(11) John, *Laborat. chim.*, 1808, t. I, p. 466.

(12) John, *loc. cit.*, 1808, p. 442.

(13) Haldat, *Journ. de phys.*, 1811, p. 207.

(14) Fourcroy, *loc. cit.*, an IX, t. IX, p. 367.

(15) John Bostock, *Expér. comparat. sur la salive*, etc. (*Ann. de chim.*, 1803, t. XLVI, p. 76).

constaté la présence de ce sel dans le liquide de l'ampoule d'un vésicatoire produit par le feu (1), dans le pus de l'ovaire d'une femme phthisique (2), et Wurzer dans le liquide de l'hydrocèle (3). Hatchett, en donnant l'analyse de la chair de bœuf, indique la présence d'un phosphate alcalin, et hésite entre celui de soude et celui d'ammoniaque ; mais il est probable que c'était du phosphate de potasse (4). Les chimistes n'indiquent pas la présence des phosphates de soude dans l'urine des animaux herbivores ayant l'urine alcaline, mais il y en a dans celles des carnivores ; ainsi Vauquelin en indique dans l'urine du lion (5). M. Boudet dit que certaines concrétions formées principalement de phosphate et carbonate calcaire renferment en même temps une certaine quantité de ce sel qu'on peut enlever par l'eau, en même temps que du chlorure et du sulfate de la même base qui l'accompagne (6), fait qui n'a rien d'improbable, lorsqu'on songe que ces concrétions sont imbibées de liquides, et que les sels alcalins s'unissent avec facilité aux sels terreux. D'après Enderlin, les sels qui jouent un rôle capital dans la constitution du sang sont les phosphates alcalins. La réaction alcaline des humeurs de l'homme leur est due. Le phosphate de soude tribasique ($3\,NaO + PhO^5$) possède au plus haut degré la propriété de dissoudre les composés protéiques, le phosphate de chaux et celui de fer. Le sang ne renferme pas d'alcalis caustiques. Il nie à tort les carbonates alcalins eux-mêmes. Après le phosphate de soude (tribasique) et le chlorure de sodium, viendraient, selon leur degré d'importance et comme indispensables à l'organisme, l'oxyde et le phosphate de fer. Il considère le chlorure de potassium et le sulfate de potasse comme non essentiels. Le phosphate de magnésie pourrait remplacer celui de chaux, et le sulfate de potasse celui de soude (7). D'après Molleschott, la réaction alcaline du sang serait due à la présence du phosphate de soude, car la quantité d'acide carbonique libre n'est pas assez considérable pour masquer sa propriété alcaline (8). Nous avons, chemin faisant, indiqué les travaux des autres auteurs qui se sont occupés de ce principe immédiat. Il n'a pas encore été figuré.

(1) John, *Chemische Untersuchungen*. Berlin, 1811, t. III, p. 37.

(2) John, *loc. cit.*, 1811, t. II, p. 120.

(3) Wurzer, *Nouveau journal général de chimie*, 1805, t. V, p. 662.

(4) Hatchett, *Ann. de chim. de Crell*, 1801, p. 460.

(5) Vauquelin, *Anal. compar. de l'urine de div. anim.* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXII, p. 197).

(6) F. Boudet, *Journal de pharm.*, 1844, t. XXX, p. 335, et dans Millon et Reiset, *Annuaire de chimie*, Paris, 1845, p. 498.

(7) Enderlin, *Rech. chimico-physiol.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, in-8°, 1834, t. XLIX, p. 317, et L, p. 53).

(8) Molleschott, *loc. cit.*, 1851.

CHAPITRE XXX.

PHOSPHATE ACIDE DE SOUDE.

Synonymie : *Phosphate acidule de soude*, NaO. 12HO. PhO^5. 2HO.

938. — Nous n'avons encore trouvé ce principe immédiat que dans l'urine seulement ; mais nous verrons qu'il y joue un rôle important.

Nous avons indiqué que le phosphate neutre, réagissant alcalin, et peut-être aussi le phosphate basique de soude, pouvaient se rencontrer dans l'économie animale. Ces trois phosphates peuvent en effet passer d'un de ces trois états à l'autre. Le phosphate de soude basique, qui contient trois atomes de base, peut céder un atome de son oxyde à l'acide carbonique. Il se forme alors deux nouveaux sels : du phosphate de soude neutre, réagissant alcalin, et du carbonate de soude. Dans l'organisme, où ce phénomène chimique peut avoir lieu, le phosphate de soude basique pourra, dans le sang, être ainsi transformé par l'acide carbonique et se changer en phosphate neutre. Remarquons qu'il se sera formé du carbonate de soude qui réagit alcalin et exerce sur les substances albumineuses une action dissolvante. Le phosphate de soude neutre, qui ne contient plus alors que deux atomes de base, se combine avec un atome d'eau, et prend alors une réaction alcaline, et pourra agir aussi comme dissolvant sur les matières albumineuses.

La transformation peut encore aller plus loin : le phosphate neutre de soude, c'est-à-dire celui qui ne contient que deux atomes de soude, peut céder aux acides les plus faibles, par exemple, à l'acide urique, un de ses deux atomes de soude, et se transformer en phosphate acide de soude, c'est-à-dire le phosphate qui ne contient qu'un atome de la base, et qui a une réaction acide. Ces transformations peuvent toutes avoir lieu dans le corps des animaux ; il pourra donc ainsi, suivant les circonstances, se trouver un phosphate ayant une réaction acide, ou un phosphate agissant comme un alcali. Ces

propriétés des principes immédiats que nous étudions montrent de quelle importance doit être le rôle des phosphates, et combien l'étude anatomique de ces sels pourra permettre de se rendre compte des phénomènes physiologiques si variables de l'urine, etc., comme l'acidité, l'alcalinité, la neutralité.

L'acidité de l'urine est très probablement due à la présence du phosphate acide de soude dans cette humeur. En effet, nous avons constamment rencontré ce principe immédiat dans l'urine fraîche et acide (1). D'autre part, il est impossible de constater dans l'urine fraîche d'autre acide libre que l'acide urique. Ce dernier n'existe qu'en très faible quantité, et de plus on sait qu'il rougit à peine le tournesol, tandis que la réaction de l'urine est nette et franche. Ce n'est pas à un acide volatil comme le gaz carbonique qu'on peut attribuer cette réaction ; car l'acidité est conservée lors même que l'urine a bouilli et lors même qu'elle s'est troublée alors par précipitation de phosphate basique de chaux (2). L'acidité de l'urine ne peut ainsi être attribuée à l'action de l'acide urique ; il ne resterait donc que le phosphate acide de soude qui puisse en être la cause.

Les variations infinies dans l'état, soit acide, soit neutre, soit alcalin de l'urine, s'accordent très bien avec le peu de stabilité des phosphates de soude. En effet, nous avons vu plus haut que les actions chimiques les plus faibles, comme celle de l'acide carbonique, de l'acide urique, pouvaient changer le phosphate de soude basique, réagissant alcalin, en un sel neutre et même en un sel acide, action que Liebig avait déjà signalée comme devant avoir lieu dans l'urine chaude de la part des acides organiques sur les phosphates de soude, de chaux et de magnésie (3). Où ces transformations ont-elles lieu, c'est ce que nous ne saurons que lorsqu'on aura étudié les changements de la réaction de l'urine, en observant si elles

(1) Robin et Verdeil, *Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*. Paris, 1850, p. 25.

(2) Delavaud, *ibid*. Paris, 1851, p. 118.

(3) Liebig, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1832, t. XL, p. 161.

se rattachent aux actes digestifs, ou bien à d'autres actions physiologiques.

939. — *Extraction*. Le phosphate acide de soude peut être obtenu cristallisé dans l'urine, en suivant la même marche que nous avons indiquée en traitant du phosphate de soude neutre. Quand celui-ci est cristallisé, on voit se déposer, trois ou quatre jours après, des cristaux bien plus solubles encore dans l'eau que ce sel neutre. On peut en hâter le dépôt en ajoutant de l'éther au liquide déjà étendu d'alcool absolu. Ces cristaux, d'après leurs modes de décroissement sur les angles ou les côtés de la base, semblent dériver du prisme rectangulaire ou rhomboïdal droit. Ces décroissements marquent ordinairement la base presque en totalité. Les formes de ces cristaux varient peu; ce sont soit des prismes (pl. IX, fig. 2, *a*, *a*), soit des lamelles (*b*, *b*). Ces cristaux sont très transparents, et leurs faces ne peuvent être bien observées qu'autant qu'on les voit tourner sur eux-mêmes, entraînés par un courant de liquide sous le microscope. De plus, comme les cristaux se déposent généralement contre les parois du vase auxquelles ils adhèrent, il est rare d'en trouver de bien conformés; ils sont aplatis, incomplétement formés du côté adhérent (*c*, *c*, *c*).

CHAPITRE XXXI.

PHOSPHATE DE POTASSE.

940. — L'histoire de ce principe immédiat reproduit sous presque tous les rapports celle des phosphates de soude; par conséquent, nous ne ferons que signaler les particularités qu'il présente dans quelques parties de l'organisme. On a signalé sa présence dans la plupart des tissus et des humeurs ; mais sa quantité n'a été que très rarement déterminée.

Comme pour le chlorure de potassium qui est défavorable à l'échange entre l'oxygène et l'acide carbonique, parce qu'il fait perdre aux globules leur consistance et leur élasticité, nous trouvons que le phosphate de potasse existe bien plus abondamment dans les muscles que dans le sang : c'est, comme on voit, l'inverse pour le phosphate de soude. M. Boussingault en a trouvé 1,02 pour 1000 dans l'urine de porc. Staffel en indique 68,05 pour 100 dans les cendres de la chair de veau (1). Tous les autres phosphates réunis ensemble ne forment pas le quart de cette quantité.

(1) STAFFEL dans LIEBIG, *loc. cit.*, 1852, p. 213.

941. — Les aliments végétaux renferment ordinairement une assez forte proportion de phosphate de potasse; c'est donc par eux que ce principe est introduit dans l'économie. Les analyses des chimistes n'indiquent pas sa présence dans l'urine; cependant il est probable qu'il y en a une certaine quantité, et que c'est par cette voie que l'excédant de ce qui est nécessaire à l'accomplissement régulier des fonctions s'échappe. Peut-être passe-t-il à l'état de sulfate ou de chlorure, et ce serait alors comme sulfate de potasse et phosphate de soude ou de chaux qu'il s'échapperait. D'après Liebig et ses élèves, on ne trouve pas de phosphates dans l'urine de vache et dans celle de cheval, bien que ces animaux consomment tous les jours une grande quantité de phosphates alcalins solubles, qui sont ensuite assimilés par le sang. La composition des fèces de ces mêmes animaux, dont on a aussi analysé le fourrage, démontre que tout l'acide phosphorique des aliments se retrouve dans les fèces à l'état de phosphate calcaire et de phosphate magnésien (1).

Nous avons également vu précédemment que selon toutes probabilités, lorsque le chlorure de sodium et le phosphate de potasse sont en présence l'un de l'autre dans l'organisme, dans des conditions de liquidité convenables, ils se décomposent mutuellement et forment du chlorure de potassium d'une part, du phosphate de soude de l'autre.

942. — *Historique.* Vauquelin paraît être le premier chimiste qui ait signalé la présence de ce phosphate dans l'économie animale; il le trouva dans la substance des centres nerveux, tant cerveau, cervelet, que moelle épinière (2). Dans toutes les autres parties du corps tant liquides que solides, c'est toujours le phosphate de soude dont la présence est indiquée. Nous avons vu néanmoins que M. Boussingault a signalé la présence du phosphate de potasse dans l'urine du porc (3).

(1) ARZBAECHER, BUCHNER et PORTER, dans LIEBIG, *loc. cit.*, 1852, p. 178-179.

(2) VAUQUELIN, *loc. cit.* (*Ann. de chimie*, 1812, t. LXXXI, p. 37).

(3) BOUSSINGAULT, *Rech. expérim. sur la format. de la graisse pendant l'alimentation des animaux* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XIV, p. 441).

DEUXIÈME CLASSE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

PRINCIPES CRISTALLISABLES D'ORIGINE ORGANIQUE.

Synonymie : *Principes organiques, composés organiques, corps ou composés définis d'origine organique, substances organiques de plusieurs chimistes, matières chimiques définies des corps organisés, matières ou matériaux organiques définis.*

943. — *Principes cristallisables ou volatils sans décomposition; analogues, mais rarement identiques, par leur composition immédiate qui est définie ou déterminée, à ceux des corps bruts; généralement différents de ces derniers corps par leur composition élémentaire; n'existant que dans les corps organisés et s'y formant. La plupart sont rejetés au dehors ; quelques uns se décomposent au dedans, et leur accumulation à l'intérieur devient nuisible.*

I. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE MATHÉMATIQUE DANS L'ORGANISME.

944. — Ils sont au *nombre* de quarante-cinq à cinquante-cinq environ. Nous n'en connaissons encore que quarante-six qui aient été déterminés comme existant réellement dans l'économie. Ce sont :

1. Acide lactique.
2. Lactate de potasse.
3. Lactate de soude.
4. Lactate de chaux.
5. Acétate de soude.
6. Oxalate de chaux.
7. Acide urique.
8. Urate de potasse.
9. Urate de soude.
10. Urate de chaux.
11. Urate d'ammoniaque.
12. Urate acide d'ammoniaque.
13. Urate de magnésie.
14. Acide hippurique.
15. Hippurate de chaux.
16. Hippurate de soude.
17. Hippurate de potasse.
18. Benzoate de chaux.
19. Inosate de potasse.
20. Acide pneumique.
21. Pneumate de soude.
22. Acide lithofellique.
23. Taurocholate de soude.
24. Hyocholinate de soude.
25. Glycocholate de soude.
26. Urée.
27. Allantoïdine.
28. Cystine.
29. Glycocolle.
30. Leucine.
31. Créatine.
32. Créatinine.
33. Acide stéarique.
34. Acide margarique.
35. Acide oléique.
36. Sels de soude ou de potasse des acides gras (au nombre de 8 à 10 environ).
37. Cholestérine.
38. Séroline.

39. Oléine, 40. Margarine, 41. Stéarine, } formant le suif et les huiles par mélange.	43. Élaiérine (*id.*), CHEVREUL.
42. Stéarérine (suint de mouton).	44. Cétine.
	45. Sucre du foie ou de diabète.
	46. Sucre de lait.

Il en est, comme la butyrine, la phocénine, etc., dont l'existence peut être considérée comme certaine ou au moins comme très probable, mais qui, n'ayant jamais été obtenus à l'état de pureté, ne sauraient être étudiés à côté des autres, tant que leurs caractères ne seront pas bien connus. Nous décrirons également, plus loin, un sel qui existe dans l'urine de chien, qui n'est pas encore déterminé; enfin il y a dans diverses régions du corps des principes qui sont dans le même cas et qu'il reste à étudier rationnellement avant d'en introduire la description à côté des précédents.

945.—Il existe des principes immédiats de cette classe dans toutes les parties de l'organisme; mais dans chacune d'elles on n'en trouve guère ordinairement que trois ou quatre espèces. Pourtant les deux tiers environ de ces espèces se trouvent dans le sang; mais il y manque plusieurs de ces corps qu'on trouve dans la bile; puis l'urine est après le sang celle des parties du corps dans laquelle existe le plus grand nombre des principes de cette classe.

946.—Les espèces de cette classe, bien que plus nombreuses que celles de chacune des deux autres, forment à elles toutes une masse moindre que celle qui est représentée par les principes de la première classe, ainsi que nous l'avons dit, et de la troisième classe également. Ce fait montre que la quantité de chaque espèce, prise à part, est fort petite. Nous verrons que ces faits sont en rapport avec le rôle que jouent ces principes comme condition d'existence de l'organisme.

947. — Ces principes sont habituellement à l'état amorphe dans l'économie. Ce n'est que dans quelques circonstances accidentelles, souvent morbides, mais pouvant ne pas l'être absolument, bien qu'elles ne soient pas habituelles, qu'on voit quelques espèces comme la cholestérine, la margarine, l'acide urique, l'urate de soude, etc., se présenter avec une forme cristalline.

948.—Parmi ces principes, ne persistent indéfiniment depuis l'origine de l'existence jusqu'à la mort, que quelques unes des espèces des matières grasses, comme l'oléine, la margarine, qui existent dans l'ovule et persistent jusqu'à la mort. Peut-être y en a-t-il une ou deux autres dans le même cas; mais la plupart apparaissent au fur et à mesure des diverses phases de l'évolution, et se retrouvent dans telle ou telle partie tout le reste de la vie. Il en est pourtant qui n'ont qu'une existence temporaire, comme le sucre de lait, ou même accidentelle, comme la cystine.

II. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE PHYSIQUE DANS L'ORGANISME.

949. — Le poids des principes immédiats de cette classe, comparativement à celui du corps, n'a pas été déterminé. A l'exception de la stéarine et de la margarine, et peut-être de la cholestérine du cerveau, qui sont à l'état solide, tous sont à l'état liquide dans l'économie. Ce n'est qu'accidentellement, et presque toujours dans des conditions anormales, morbides, que quelques uns passent à l'état solide, presque toujours cristallin (acide urique, urate, cystine, cholestérine, etc.). Ils forment alors, avec des principes de la première classe, des productions morbides (*concrétions*, *calculs*, *graviers*, *sable*, *paillettes*), des plus simplement constituées de toutes celles que l'anatomie pathologique ait à étudier, comme l'anatomie normale, ou étude de l'organisation normale, n'a aussi rien de plus simple à étudier que les principes immédiats normaux.

III. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE CHIMIQUE DANS L'ÉCONOMIE.

950.—L'acide lactique et l'oléine sont liquides dans l'économie, parce que c'est là leur état ordinaire; mais à part ces cas, tous les autres principes sont liquides par dissolution. La plupart sont liquides par dissolution directe dans l'eau. Ceux qui sont peu solubles dans ce liquide existent ordinairement en petite quantité dans l'organisme, ou bien ils sont dissous

indirectement, c'est-à-dire que leur état liquide est rendu possible par la présence des sels dissous dans l'eau, qui alors exercent une action dissolvante sur eux. La stéarine et la margarine, quand elles sont liquides, sont dissoutes directement par l'oléine et forment avec elle des gouttelettes en suspension dans des liquides ou incluses dans une cellule, etc. Les acides margarique, stéarique et oléique sont dissous dans le liquide complexe représenté par le sérum formé essentiellement d'eau et de divers sels, c'est-à-dire qu'ils sont liquides par *dissolution indirecte*, comme les principes dont nous venons de parler. Ils concourent sans doute à leur tour, avec les sels, à la dissolution de principes qui sont insolubles dans l'eau, comme la séroline et la cholestérine.

L'action chimique des agents physiques et des réactifs sur ces principes, examinés dans l'économie, est la même que hors de l'organisme seulement; elle est peu prononcée (voy. § 139, t. Ier, p. 133 et suiv.), et leur petite proportion fait qu'il n'y a pas ou presque pas à en tenir compte dans les expériences physiologiques ou les applications thérapeutiques. (Voy. ci-dessus, p. 9.)

951.—La constitution chimique immédiate des principes de cette classe est, comme pour ceux de la classe précédente, la même dans l'organisme qu'au dehors. (Voy. ce que nous avons dit à ce sujet, page 10, § 669.) On sait que ces corps peuvent par décomposition immédiate donner deux ou plusieurs composés plus simples que le primitif, et qui sont des principes éloignés de l'économie et non plus des principes réels et directs ; de même qu'un principe salin de la première classe peut être dédoublé, décomposé en acide et une base. Les composés chimiques ainsi obtenus par décomposition immédiate de ceux qui sont des principes directs de l'organisme, sont obtenus *en rapports fixes, définis ou déterminés, constamment les mêmes.*

Les principes de cette classe sont, en effet, dans l'économie comme au dehors, ce qu'on appelle en chimie des *composés définis*, et on les appelle ainsi bien plus parce qu'ils donnent des quantités fixes, toujours les mêmes, de composés plus

simples qu'eux, que parce qu'ils donnent des quantités toujours les mêmes de corps simples.

Cette constitution immédiate des principes est, comme on le voit, identique avec ce qu'on observe hors de l'économie. Il suffit donc de rappeler ces faits supposés étudiés en chimie; mais il faut le faire. En effet, on utilise les connaissances en physiologie pour se rendre compte de la manière dont une certaine quantité de la masse d'une espèce peut *céder* ou *prendre* un peu de ses éléments; d'où passage de cette portion à un autre état spécifique, c'est-à-dire production d'autres principes; d'où enfin certains phénomènes physiologiques. Faute d'avoir suivi méthodiquement pour chaque principe les faits de ce genre, on n'en peut pas citer aussi facilement des exemples ne pouvant donner lieu à discussion que pour la première classe.

C'est surtout pendant l'extraction des espèces de principes que l'on utilise la connaissance du fait signalé plus haut qui leur est commune avec beaucoup de principes de la première classe (voy. p. 11) : savoir, qu'ils peuvent être décomposés, dédoublés, comme on dit, en corps moins complexes.

C'est pour n'avoir pas tenu compte de ce fait supposé, appris en chimie, qu'il a été admis par nombre de physiologistes et de chimistes, que la taurine, les acides glycocholique et taurocholique, etc., étaient des *principes immédiats de l'organisme;* tandis que ce ne sont que des corps obtenus par analyse ou décomposition immédiate de ces derniers; tandis que c'est comme tauro et glycocholate de soude, etc., qu'ils existent. Lors donc que dans l'analyse anatomique on aura obtenu un des corps précédents, il y aura à voir s'il ne vient pas de la décomposition de quelque principe réel; il faudra redoubler de précautions et répéter les expériences, car jusqu'à présent on ne les a obtenus que lorsqu'on a opéré sur des humeurs ou des tissus plus ou moins altérés par putréfaction, etc., ou bien quand on a employé les moyens trop grossiers de l'analyse chimique ordinaire. Mais l'emploi de l'analyse anatomique telle que, avec M. Chevreul, nous en avons esquissé les rè-

gles, n'a jamais donné ces produits, qui sont de véritables produits de décomposition des principes immédiats.

Il n'y a pas, dans cette classe, de principe immédiat qui soit formé lui-même par la combinaison de deux principes réels du même groupe ou d'une des autres classes, ou par un des principes de celles-ci et un autre de la deuxième. On peut bien par décomposition d'un urate ou d'un lactate obtenir de l'acide urique et de l'acide lactique d'une part, et une base de l'autre; mais nous savons que les bases n'existent pas dans l'organisme à l'état d'oxyde libre, mais toujours combinées à quelque acide dont on ne les sépare que par décomposition. On peut bien encore, par l'acide sulfurique ou la potasse, convertir la margarine, la stéarine, l'oléine, etc., en acides stéarique, margarique et oléique (qui ont été trouvés libres dans l'économie, c'est-à-dire comme véritables principes immédiats), et en glycérine d'autre part; mais ce corps-là n'existe pas dans l'organisme comme principe isolable sans décomposition d'un autre; ce n'est qu'un produit obtenu par décomposition de la stéarine, etc. Cela montre seulement que parmi les produits de décomposition de certaines espèces de principes complexes se trouvent des composés qui existent d'autre part, comme principes immédiats de l'économie; cela montre seulement qu'on peut obtenir de certains principes par décomposition ou dédoublement des composés identiques avec des espèces qui se forment normalement dans l'organisme et en sont partie constituante.

Actuellement que l'on pourra avoir un guide dans la détermination des espèces de principes immédiats, et connaître quels sont réellement les composés qui jouent directement un rôle dans la constitution de la substance organisée, cette étude des composés qu'on obtient par dédoublement des principes et de la manière dont il s'opère aura une grande importance. Elle pourra guider dans l'étude de la manière dont se forment les principes ou dont ils passent d'un état spécifique à un autre, et par suite servir à l'étude de la nutrition. Cette partie de l'anatomie réagira de la manière la plus

utile sur la chimie ; elle guidera et coordonnera les recherches chimiques à faire sur chaque composé en indiquant le but qu'on doit se proposer, tandis que jusqu'à présent on a procédé à peu près au hasard. Aussi la liste des composés chimiques dont sont formés immédiatement les principes immédiats est très incomplète. Elle est bien plutôt une indication des composés qu'on peut obtenir en transformant les principes de cette classe qu'un acheminement réel à la connaissance de leur composition immédiate. Aussi on ne peut pas encore la donner ici comme nous l'avons fait (p. 11) pour les principes de la première classe. On la trouvera en partie plus loin, IVe LIVRE, au chapitre des *Corps qui sont des composés chimiques réels, mais non des principes immédiats*, et à propos des caractères de chaque tribu de cette classe.

952. — De nos connaissances chimiques nous déduisons la liste suivante des corps simples ou principes les plus éloignés qui composent les principes immédiats de la deuxième classe considérés dans l'organisme :

1. Sodium.
2. Potassium.
3. Calcium.
4. Magnésium.
5. Soufre.
6. Carbone.
7. Oxygène.
8. Hydrogène.
9. Azote.

Il faudra très probablement y joindre le *phosphore*, lorsqu'une fois on connaîtra bien les principes du cerveau ; car si le corps connu sous le nom d'acide *oléo-phosphorique* est bien un principe immédiat et non quelque produit de décomposition, le phosphore se trouvera rangé dans la liste précédente.

Que l'on vienne à comparer cette liste à celle des corps simples qui composent les principes de la première classe, et l'on verra qu'à l'exception du chlore, ce sont les mêmes éléments. Et pourtant quelle différence dans les principes eux-mêmes qu'ils constituent, lorsqu'on vient à mettre en regard les principes de la première classe avec ceux de la deuxième. Quelle différence encore dans les espèces chimiques qu'on obtient en décomposant d'une manière immédiate les principes de cette classe et ceux de la première ; et pourtant,

dès qu'on pousse la décomposition jusqu'aux corps simples, ce sont les mêmes. Seulement, tandis que, dans la première classe, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le carbone sont les corps simples les moins abondants, ce sont, au contraire, ceux qui l'emportent dans celle-ci.

Rien de plus instructif que la comparaison de ces listes, qu'on est conduit à établir en faisant l'étude rationnelle des principes immédiats. Rien ne fait ressortir d'une manière plus frappante le pourquoi de la stérilité de l'analyse élémentaire substituée dans l'étude des corps organisés à l'analyse anatomique ou immédiate. Rien ne fait ressortir davantage la nécessité d'employer celle-ci au lieu de l'autre, si l'on veut connaître réellement la part que prend chaque principe constituant de l'économie aux actes qu'elle manifeste, si l'on veut connaître où et comment chacun se forme, etc. Comparez les listes des pages 12 et 348 à celles des pages 5 et 342, et voyez, en effet, d'après les simples connaissances chimiques, combien sont différentes les propriétés des composés (qui sont des principes immédiats) formés par les mêmes corps simples. Jugez d'après cela si la détermination de l'oxygène, de l'azote, du carbone, du soufre, de la chaux, de l'acide phosphorique, etc., qui entrent et qui sortent, apprend quelque chose d'utile au physiologiste et à l'anatomiste; si elle vaut la connaissance des principes eux-mêmes formés par ces corps simples ou non, connaissance que donne seule l'analyse anatomique. (Voyez t. Ier, p. 180.)

IV. — CARACTÈRES D'ORDRE ORGANOLEPTIQUE DES PRINCIPES IMMÉDIATS DE LA DEUXIÈME CLASSE CONSIDÉRÉS DANS L'ORGANISME.

953. — Voyez tome Ier, page 186.

Caractères organoleptiques internes. La plupart des principes de cette classe sont dépourvus de la propriété nutritive, c'est-à-dire de la faculté d'être assimilés. Aussi par instinct nous avons de la répulsion contre l'ingestion des liquides qui en sont en grande partie formés, tels que la bile et l'urine. La plupart étant normalement rejetés hors de l'organisme, ils ne font

généralement que le traverser lorsqu'ils y sont réintroduits. Ce n'est guère que ceux de cette classe qui sont tirés du règne végétal qui exercent une action quelquefois utile dans l'organisme, soit parce que, par leur présence, ils modifient les actes qui s'y passent, bien qu'ils soient en totalité ou en partie rejetés hors de l'économie par les urines, comme le sulfate de quinine; soit parce qu'ils s'y décomposent, et y accomplissent eux-mêmes alors divers actes. Ceux qui normalement se décomposent dans l'organisme peuvent être assimilés, jouissent de la propriété de participer à l'acte de nutrition en passant par plusieurs états spécifiques différents, mais accessoirement et momentanément; c'est-à-dire qu'une fois introduits, ils sont bientôt décomposés en remplissant généralement un rôle utile. Ou bien s'ils se fixent dans quelque partie de l'organisme, comme les principes des corps gras, ils deviennent nuisibles dès que leur quantité passe certaines limites; les actes nutritifs, et consécutivement ceux de la vie animale, sont gênés, s'accomplissent moins régulièrement. Et quels que soient le lieu de cette accumulation, le tissu cellulaire, les cellules du foie, etc., la cessation de ces actes survient plus tôt que chez ceux qui n'offrent pas cette accumulation.

Les autres, au contraire, étant désassimilés, ne peuvent être réassimilés, sauf quelques uns tirés des végétaux, qui, nous le répétons, le sont pour un instant ou produisent des effets thérapeutiques ou toxiques. La plupart, comme l'urée, etc., injectés dans le sang, sortent tels que par les urines. Lorsque les principes même de la troisième classe ont été altérés par les procédés d'extraction, de manière à perdre les caractères spécifiques essentiels qu'ils ont dans l'organisme, et à constituer alors un produit d'altération (gélatine), alors ils traversent aussi l'économie sans être assimilés, comme ceux de la deuxième classe qui sont purement excrémentitiels.

V. — LEURS CARACTÈRES D'ORDRE ORGANIQUE DANS L'ÉCONOMIE.

954. — Le seul caractère d'ordre organique que présentent ces principes immédiats, c'est de concourir à former la substance

organisée. Ils ne prennent qu'une part accessoire, bien qu'indispensable, à la constitution de cette substance ; et cette part est toujours moindre que celle qu'y prennent les principes de la classe précédente. Ce n'est que dans quelques conditions morbides, comme dans les concrétions artérielles et *goutteuses*, qu'on trouve des urates unis en même temps que des phosphates à des substances organiques. Ils sont, en effet, comme les principes de la première classe, une condition d'existence de ceux qui forment la partie fondamentale des éléments anatomiques, de ceux qui sont en quelque sorte directement actifs, les *substances organiques*. Mais ils sont condition d'existence en sens inverse ; c'est-à-dire que, pendant que les principes de la première classe sont condition d'entrée ou de formation des *substances* organiques, ceux de la seconde classe sont condition du renouvellement de celles-ci ; ils représentent la quantité des éléments chimiques qui, ayant cessé de faire partie des espèces de la troisième classe, s'échappent d'un côté, tandis qu'ils sont remplacés par d'autres matériaux arrivants.

De même que tout fait d'ordre élevé, supérieur ou complexe, est subordonné à des conditions d'ordre inférieur, moins éminent ou plus simple, nous voyons les caractères d'ordre organique des principes de cette classe reposer sur leurs caractères d'ordre mathématique et physique. Il y a en effet quelque chose que nous n'avons pas vu ailleurs et ne verrons plus, quelque chose de tout organique, dans cette multiplicité des espèces de cette classe et dans cette petite quantité de chacune d'elles ; dans cette tendance à déterminer rapidement des productions morbides ou des symptômes des plus graves, et qui présentent quelque chose de particulier dès que ces principes s'accumulent au delà de certaines proportions dans un tissu ou dans une humeur ; surtout quand de l'état liquide ils passent à l'état solide. La solubilité des uns (de la plupart du moins), la possibilité pour les autres de s'accumuler en gouttelettes (principes des matières grasses), ou en masses cristallines (cholestérine, acide urique, etc.), ne mettent, en

effet, presque pas de limites à leur accumulation, lorsque par quelque cause leur issue est entravée. Au contraire, la présence des principes de la première classe dans l'économie, leur possibilité de faire partie de l'organisme est subordonnée *à ce caractère d'ordre chimique* qu'ils présentent, savoir la faculté de se combiner aux principes de la troisième classe. Or, quoiqu'on ne connaisse ni ne conçoive de limite inférieure à cette combinaison, quoiqu'elle ne se fasse pas par termes fixes et invariablement multiples (de manière à permettre d'établir une proportion), elle est pourtant soumise à une limite supérieure. Cette limite supérieure ne s'élève jamais très haut; chaque substance organique ne peut en effet se fixer qu'à une quantité assez minime de principes de la première classe. D'où cette accumulation possible de ces principes plus restreinte que pour ceux de la deuxième, pour lesquels on ne conçoit pas d'autre limite d'accumulation que celle qui s'observe dans les dissolutions; limite supérieure fort élevée et qu'on n'a jamais observée dans l'organisme, la mort survenant avant. On ne conçoit même pas de limite supérieure d'accumulation pour ceux qui s'agglomèrent à l'état cristallin; elle va jusqu'à ce que mort s'ensuive par distension, oblitération, etc., des organes, ou jusqu'à ouverture au dehors; alors il y a expulsion.

Variations des principes immédiats de la deuxième classe étudiés, quand il y a lieu, suivant les sexes, les âges, les races, les espèces et les états morbides.

955. — Pour les variations suivant les *sexes*, *races* et *espèces*, voyez § 178, t. Ier., p. 196, et t. Ier, p. 258 à 260.

956. — Pour les variations suivant les *âges*, voyez t. Ier, p. 196 à 200, et § 675, t. II, p. 15.

957. — Pour les variations suivant les *états morbides*, voyez t. Ier, p. 260 à 262, et ci-contre, p. 351, où, en traitant des caractères d'ordre organique des espèces de cette classe, nous les avons envisagés à l'état normal et à l'état morbide.

A. *Origine des matériaux et conditions d'entrée des principes immédiats de la deuxième classe.*

958. — La plupart, et probablement tous, peuvent tirer leurs matériaux de l'organisme même, des principes des autres classes concourant à constituer l'organisme et participant aux actes nutritifs. (Voy. § 191, t. Ier, p. 207).

1. L'oxalate de chaux,
2. L'oléine,
3. La margarine,
4. La stéarine,
5. La butyrine,
6. Peut-être les acides oléique,
7. — — margarique,
8. — — stéarique,
9. Le sucre du foie,

sont les seuls principes immédiats dont une partie de la quantité qu'on trouve dans l'économie, mais pas toute, ainsi qu'il résulte de ce qui précède, vient du dehors, est empruntée toute formée aux milieux organiques végétaux et animaux. Chez l'embryon, cette portion des espèces précédentes qui vient du dehors (quand elle en vient) passe du sang maternel au sang fœtal par endosmose au travers des villosités placentaires. Après la naissance, ils pénètrent sous forme d'aliments liquides ou solides ; les uns et les autres (ces derniers après dissolution dans l'eau ou à l'aide des solutions salines et des principes récrémentitiels de la bile et du suc pancréatique) pénètrent par endosmose au travers des parois des capillaires intestinaux.

B. *Conditions de formation des principes de la deuxième classe.*

959. — Tous (très probablement du moins, sauf la petite quantité des espèces citées ci-dessus qui pénètre toute formée) ont pour condition commune la formation, la désassimilation de quelques autres principes et leur passage à un autre état spécifique. (Voy. § 209, t. Ier, p. 224 ; et pour les exemples, §§ 212, 213, 214, 215, 216, 219, t. Ier, p. 226, 232 et 233.)

960. — L'observation montre que le lieu de la formation de tous ou presque tous les principes de cette classe c'est l'organisme vivant. C'est là où normalement se trouvent toutes les conditions de leur formation. C'est là où normalement se trouvent les matériaux que l'observation montre être nécessaires

à cette formation, savoir : les *substances organiques*, dont une partie passe ainsi peu à peu d'un état spécifique à un autre. Le *lieu*, les conditions de cette formation des principes de cette classe, considérés en masse, sont donc bien connus ; la nature de l'acte d'après lequel elle a lieu, l'est également, ainsi qu'on le verra plus loin.

Les lois de cette formation sont donc déterminées pour tous ces principes considérés en général. Il ne reste d'inconnu que la formation originelle des premiers individus des espèces d'êtres vivants sur lesquels nous observons cette formation (voy. t. Ier, p. 572) ; mais comme à cet égard nous ne pouvons faire que des hypothèses, comme en remontant aussi loin que possible dans le temps, nous voyons toujours ces êtres exister sans que nous puissions les former de toutes pièces, il faut donc savoir se borner à reconnaître les choses telles qu'elles sont. Sachons ne pas nous inquiéter de cette origine première, pour nous borner à étudier les lois de la naissance (par le concours de parents) des individus que nous voyons apparaître. C'est la connaissance de ces lois qui seule nou sest utile, car, une fois celles-ci connues, nous pouvons les modifier à notre avantage.

Les espèces de cette classe empruntent leurs matériaux à celles des deux autres ; elles se forment à leur aide et à leurs dépens. Ce sont surtout les espèces de la troisième classe qui fournissent ces matériaux, ce sont surtout celles-là aux dépens desquelles a lieu la formation ; celles de la première classe ne les fournissent qu'accessoirement (sels neutres de la première classe cédant une portion de leur base aux acides de la deuxième, au fur et à mesure que se forment ceux-ci), mais elles aident surtout la formation; elles sont condition d'existence de sa continuité en dissolvant les espèces au fur et à mesure de leur apparition et leur servant de véhicule. Tel est le rôle rempli par la première et la troisième classe, relativement à la deuxième ; telles sont les conditions de formation offertes par chacune de ces deux classes aux espèces de celle dont nous traitons ici.

Quelques uns des plus simples des principes cristallisables

d'origine organique peuvent bien être formés artificiellement, mais il en est peu. En outre, fait important, pour la plupart de ceux qu'on fabrique ainsi, on ne les forme que lorsqu'on parvient à obtenir la séparation, le dédoublement d'une *espèce de substance organique* en deux ou plusieurs principes cristallisables ou volatils sans décomposition, par quelque phénomène de contact, comme catalyse ou même putréfaction. Le plus souvent même, parce qu'on est obligé de s'écarter un peu trop des conditions qui se rencontrent dans l'économie, on n'obtient que des composés, conservant quelque analogie de composition élémentaire ou d'instabilité, avec les principes réels, sans être réellement des composés identiques avec ceux qui sont des principes immédiats.

Si maintenant on se représente les conditions de *lieu* où se passe la formation des principes de cette classe, c'est-à-dire des conditions représentées par des liquides complexes ambiants, par des *substances organiques* qui cèdent les matériaux, par une température constante, on se rendra compte d'une manière nette et positive du fait de la multiplicité des espèces de principes de cette classe dans chaque animal et dans chaque végétal; multiplicité qui est une des conditions d'existence de l'organisme, et qui dit multiplicité ne dit pas *innombrable*. Ainsi, il y a d'abord dans chaque organisme beaucoup d'espèces de substances organiques, peu étudiées pour la plupart, et toutes ne sont pas encore déterminées. De plus, pour une même espèce de substance organique, si elle est dans le sang, elle va se trouver vers chaque glande, par exemple, dans autant de conditions diverses, et ainsi des autres tissus. D'où formation peut-être d'autant d'espèces cristallisables, en sorte qu'une seule substance organique peut, par sa désassimilation, donner lieu à la formation de deux ou plusieurs espèces cristallisables. En outre, sur chaque espèce animale on trouve quelque particularité d'organisation, comme prédominance en quantité de tel ou tel principe de la première classe, etc. Or nous avons vu que ces derniers sont des conditions de formation pour

les autres, lui viennent en aide et apportent quelque modification dans le phénomène lorsqu'ils varient de nombre et de quantité. Aussi dans chaque espèce ou au moins dans chaque genre ou classe animale, comme les Chiens, les Chats, les Cétacés, etc., trouve-t-on une ou deux espèces de principes immédiats cristallisables d'origine organique qui leur sont propres. On voit bientôt par là qu'il y a chez les animaux un nombre considérable aussi des principes de cette classe, comme déjà on en a trouvé considérablement dans les plantes, dont l'analyse anatomique se trouve plus facile à faire. La chimie en serait bientôt encombrée, si l'anatomie, en étudiant chacune d'elles, ne venait montrer plus encore que la chimie, que toutes ne sont pas indispensables à connaître chimiquement avec le même degré de précision dans tous les détails, et que beaucoup présentent un grand nombre de caractères communs.

On voit de plus, par ce qui précède, que si les conditions générales de la formation des principes de toute cette classe sont connues, celles qui sont spéciales à chaque espèce ne le sont pas encore parfaitement. Cela tient en grande partie à ce que leur histoire chimique a seule été faite jusqu'à présent; à ce que l'on ne connaît même pas encore toutes les substances organiques dont chacune fournit les matériaux; et par suite on ne connaît pas encore bien les conditions de milieu, c'est-à-dire de nature, d'abondance ou de rareté des humeurs qui les entourent ou les baignent dans l'économie.

Par conséquent, toutes les fois que, dans les chapitres traitant de chaque principe, on ne trouvera rien sur leur formation dans l'organisme, il faudra recourir aux pages précédentes et au premier volume, chap. Ier, art. 2.

Il y a donc pour chaque espèce à part nombre de recherches à faire sous ce rapport. Mais on voit bien vite, en faisant ces recherches, que ce qu'on sait de général à cet égard est déjà beaucoup, et même suffisant. Plus tard, en effet, par impossibilité de se remémorer tous les cas particuliers, infiniment trop nombreux, on en viendra à ne tenir compte que de ces faits généraux ; mais seulement après que l'étude du mode

de formation de chaque espèce en particulier aura conduit à donner plus de précision à ces derniers.

C. *Issue et fin ou destruction des principes de la deuxième classe.*

961. — La plupart de ces principes immédiats sont rejetés hors de l'organisme avec les caractères spécifiques qu'ils ont après leur formation. (Voy. §§ 234 à 236, t. Ier, p. 250 à 253.)

D'autres sont en partie rejetés comme les précédents, et une partie se décompose à l'intérieur, passe à un autre état spécifique. (Voy. §§ 237 et 228, t. Ier, p. 255.) Chez l'embryon, une partie du sucre du foie sort normalement, au fur et à mesure de sa formation, par le rein, et passe dans l'eau de l'amnios, qui en contient, jusque vers les dernières périodes de la vie embryonnaire. (Bernard.)

Ainsi l'observation montre que les principes de cette classe sortent ou souvent se détruisent au fur et à mesure de leur formation. Cette issue nous rend compte de la petite quantité de chaque espèce qui existe dans l'économie. Elle est de plus une condition d'existence des substances organiques, et par suite de l'organisme, ce qui ferme le cercle ouvert par ce que nous avons dit de la première et de la troisième classe, comme condition de formation des principes de celle-ci. Le pourquoi de ce fait est inconnu ; mais nous connaissons le comment, et cela suffit.

Actes manifestés dans l'organisme par les principes immédiats de la deuxième classe.

962. — Se formant presque en totalité dans l'organisme, ainsi que nous l'avons dit, par désassimilation, on peut observer que les actes qu'ils manifestent lors de leur formation sont des actes chimiques indirects. (Voyez § 269, 2°, t. I, p. 287, et § 270, B, *b*, t. I, p. 289.)

Ceux qui se décomposent en totalité ou en partie dans l'organisme, tels que le sucre, etc., présentent, lors de leur décomposition, des actes de catalyse avec dédoublement. (Voyez §§ 213 et 214, t. I, p. 228, 229 et 230, et § 238, p. 256.)

L'influence exercée dans l'économie par tels ou tels principes sur la formation de tel autre, et surtout hors de l'organisme l'action de présence ou de contact de la mousse de platine, des ferments, etc., est dite quelquefois *force physique inconnue*. Il est en effet vrai que les conditions dans

lesquelles s'opèrent les actes chimiques dits de *contact* ou *indirects* sont moins connues que les conditions dans lesquelles s'opèrent les actes de combinaison directe et immédiate ; mais il n'y a que cela qui soit moins connu, parce qu'on n'a pas encore envisagé ces conditions d'une manière aussi rationnelle que les précédentes. La nature intime des actes est tout aussi inconnue dans un cas que dans l'autre, elle est tout aussi mystérieuse dans le cas des combinaisons directes ayant lieu en raison de ce que l'on appelle *force d'affinité*, que dans celui des actes ayant lieu en vertu de ce qu'on nomme *force catalytique*. Une fois connues, les conditions dans lesquelles s'opèrent ces actes de combinaisons et décombinaisons indirectes, nous connaîtrons tout ce qu'il est possible d'en savoir, et tout ce qu'il est nécessaire de connaître, puisque ces conditions saisies il nous sera possible de prévoir ce qui arrivera dans telle ou telle circonstance donnée. Il est en effet facile de voir que nous ne savons rien de plus relativement aux actions chimiques directes attribuées à la force dite d'*affinité*. Nous pouvons prévoir que dans telles circonstances données, l'acide sulfurique s'unira à la potasse, que dans telle autre l'eau sera décomposée. C'est là tout ce qu'il nous est nécessaire de savoir pour le parti que nous en tirons. Quant à l'essence du phénomène, quelle que soit l'explication qu'on en veuille donner, elle ne conduit à rien. Mais quant à ces actions de contact, elles ne seront plus inconnues dès qu'on aura substitué la recherche du *comment* à celle du *pourquoi*, comme on l'a fait pour les actions directes ; dès qu'on se contentera de reconnaître qu'elles se distinguent de celles-ci par ce fait, que : des conditions plus complexes seules en permettent l'accomplissement (nécessité de la présence d'un ou de plusieurs corps qui ne cèdent ni ne prennent rien) ; et par cet autre fait que : l'acte est moins brusque, moins rapide, moins instantané, et ne s'opère que graduellement, peu à peu, mais présente aussi plus de difficulté à être interrompu, tant qu'il reste du corps qui cède une partie de ses éléments pour la formation d'autres composés.

963. — Ceux qui passent dans l'organisme d'un état spécifique à un autre, comme les acides lactique, pneumique, urique et hippurique, en s'emparant peu à peu d'une partie de la base de quelques principes salins d'origine minérale, manifestent des actes chimiques proprement dits ou directs. (Voyez § 269, 2°, t. I, p. 287, et § 216, t. I, p. 230.)

Ceux qui sortent présentent des actes physiques d'exosmose, dans le rein, le foie et diverses glandes.

La petite portion des espèces qui entrent toutes formées présentent dans l'intestin des actes physiques d'émulsion, ou chimiques de dissolution, et des actes physiques d'endosmose.

Pour les actes que présentent ceux qui pathologiquement se déposent à l'état cristallin comme la cholestérine, l'acide urique, les urates, etc., voyez § 254, t. I, p. 271.

Tous ces actes ont certainement pour résultat le dégagement d'une certaine quantité de chaleur, qui concourt avec celle produite pendant la formation de quelques uns des principes de la première classe au résultat général du maintien de la température du corps à un degré peu variable (§ 681).

Remarque s'appliquant à tous les principes. — On demande souvent, surtout à propos des espèces de la deuxième classe, quelle est l'*utilité* de tel ou tel principe immédiat? *à quoi il sert?* quels sont ses *usages?* et l'on pose la question comme si dans l'économie chacun d'eux était directement actif, remplissait un rôle *en vertu d'une activité propre.* Mais l'étude des principes montre qu'il n'en est rien, et par suite la question posée dans ce sens n'a pas de valeur, c'est-à-dire qu'en prenant cette tournure elle porte à vide. En effet, chaque principe pris isolément n'est rien ; il n'est quelque chose que réuni à ceux des deux classes, autres que celle dans laquelle il se range ; alors *il sert* AVEC TOUS LES AUTRES à constituer la substance organisée, la substance du corps. Suivons maintenant cette substance dans toutes ses *formes* diverses, de plus en plus complexes et bien distinctes, d'éléments anatomiques, d'humeurs et tissus, de systèmes et d'appareils. Dans les éléments anatomiques musculaires, nerveux, etc., par exemple, nous voyons des propriétés vitales de nutrition plus ou moins active, plus de la contractilité et de la sensibilité qui nous font déjà sentir des services rendus plus directs ; puis, c'est en arrivant aux organes, en passant par l'étude des humeurs, tissus et systèmes, qu'on voit chacun de ceux-là servir à telle ou telle chose, avoir des usages, une utilité de plus en plus directs. Mais les principes immédiats, dans tout cela, n'ont rien de direct ; ils sont seulement la base de tout, la condition d'existence de la substance qu'ils constituent par leur union moléculaire. Étant ainsi le substratum de l'organisme, ils n'ont pas spécialement tel ou tel usage.

Seulement ils manifestent dans l'économie comme au dehors tel ou tel acte physique et chimique, avec des particularités correspondant aux conditions complexes dans lesquelles ils se trouvent là.

Deux ou trois seulement, pris seuls, isolément, ont de plus quelque usage spécial, reposent sur leur acidité ou leur alcalinité. Voilà ce qui résulte à cet égard de toute l'étude des principes immédiats, depuis l'examen de leurs caractères de quantité, jusqu'à celui de la part plus ou moins grande que chaque espèce prend à la constitution de telle ou telle partie de la substance organisée.

Classification des principes de la deuxième classe.

964. — Les principes immédiats de cette classe se divisent en deux groupes très naturels, et comme toujours, cette clas-

sification résume très bien les caractères fondamentaux de la classe : ce qu'il y a d'utile à retenir dans son étude.

Le *premier groupe* comprend les principes qui font partie le plus accessoirement de la substance organisée, qui se forment en totalité dans l'organisme et en sont rejetés, ou sinon deviennent nuisibles dès qu'il s'y accumulent un peu, qui sont en un mot purement excrémentitiels : ce sont généralement des composés quaternaires, à la seule exception de l'acide lactique.

Le *deuxième groupe* comprend des principes dits des corps gras et les sucres, corps qui font partie constituante plus immédiate de la substance organisée que les précédents; qui peuvent bien se former dans l'économie, mais toute la masse de ceux qu'on y trouve ne s'y forme pas, une portion vient du dehors, est introduite comme aliment et susceptible d'être assimilée; leur accumulation exagérée devient bien nuisible, mais elle l'est moins que celle des précédents. En un mot, ils ne sont pas purement excrémentitiels, plusieurs sont récrémentitiels, et une partie ou totalité se détruit dans l'organisme en donnant naissance à d'autres principes, et une partie seulement est rejetée au dehors. Tous sont des composés ternaires, à l'exception des sels à acides gras ou savons, oléates, margarates et stéarates.

965. — Chacun de ces groupes se subdivise à son tour en deux tribus, d'après des caractères presque tous purement chimiques; aussi déjà cette subdivision intérieure des groupes est moins naturelle que la précédente. Néanmoins nous verrons, comme précédemment, coïncider avec les caractères distinctifs des tribus diverses particularités importantes relatives à ceux qu'ils présentent dans l'organisme et relativement à la part qu'ils prennent à la constitution de la substance organisée. Il en est, par suite, naturellement de même par rapport aux actes qu'ils manifestent. Ainsi, non seulement cette classification abrége et facilite le discours, mais elle guide l'intelligence dans l'étude des espèces, dans l'analyse minutieuse et approfondie que nécessite cette partie de l'anatomie; enfin, elle précise l'histoire particulière de cette classe.

La *première tribu* comprend les *principes acides* et les *sels* d'origine organique.

La *deuxième tribu* embrasse les *composés neutres azotés*, dits aussi *alcaloïdes azotés.*

La *troisième tribu* est formée des principes dits *graisseux*, *savonneux*, ou *principes des corps gras* et *savons.*

La *quatrième tribu* comprend les *principes neutres non azotés*, ou *sucres.*

966. — Ces tribus ne sauraient être subdivisées davantage. Voyez ce que nous avons dit plus haut, page 23, § 685.

967. — *Extraction.* Voyez tome I, page 328 et suivantes.

968. — *Historique.* Rien de général n'a été fait sur cette classe de principes ; ils ont été découverts successivement, presque au hasard, faute de direction anatomique dans leur étude. C'est dans les calculs et concrétions qu'on les a d'abord trouvés, comme l'acide urique, les urates, la cholestérine. Ils ont été étudiés plus chimiquement qu'au point de vue anatomique ; aussi quelquefois n'a-t-on obtenu d'abord que les composés provenant de la décomposition des principes réels, comme par exemple l'acide d'une part, la base de l'autre, ou bien comme pour l'acide hippurique c'est l'acide benzoïque, un de ses produits de décomposition qu'on obtenait. Les seules notions utiles à retenir à cet égard se trouvent dans notre historique général aux articles SCHÈELE, CHEVREUL, etc. : nous y renvoyons ; c'est à l'historique de chaque principe en particulier qu'on trouvera le complément de ces notions, qui n'offrent rien de général que la série de *recherches sur les corps gras* par M. Chevreul.

PREMIÈRE TRIBU

DE LA DEUXIÈME CLASSE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

PRINCIPES ACIDES OU SALINS.

969. — *Définition.* Elle renferme tous les principes de la deuxième classe qui sont des *sels ou des acides que leurs caractères chimiques, comme la propriété de brûler presque sans flamme, et leur insolubilité ou presque insolubilité dans l'éther, séparent de ceux appelés principes gras ou graisseux, acides gras et savons.* Les plantes renferment un grand nombre de principes analogues à ceux de cette tribu (citrates, acide citrique, malates, tartrates, etc.).

970. — Ils sont au nombre de vingt-trois. Ce sont :

1. L'acide lactique.
2. Le lactate de potasse.
3. — de soude.
4. — de chaux.
5. L'oxalate de chaux.
6. L'acide urique.
7. L'urate de potasse.
8. — de soude.
9. — acide de soude.
10. — de chaux.
11. — de magnésie.
12. — d'ammoniaque.
13. L'acide hippurique.
14. L'hippurate de chaux.
15. — de soude.
16. — de potasse.
17. L'inosate de potasse.
18. L'acide pneumique.
19. Le pneumate de soude.
20. Le taurocholate de soude.
21. L'hyocholinate de soude.
22. Le glycocholate de soude.
23. L'acide lithofellique.

971. — A l'exception de l'acide lactique, de l'acide pneumique et de l'inosate de potasse, ils ne se rencontrent en quantité un peu notable que dans les humeurs excrémentitielles, comme l'urine, ou dans des produits morbides ; ou bien dans des humeurs excrémento-recrémentitielles, comme la bile. Partout ailleurs ils n'existent qu'en fort petite quantité et, pour ainsi dire, comme en passant, bien qu'il y en ait toujours, mais sans qu'il y ait jamais accumulation, et ce dernier cas échéant, il survient des symptômes morbides indiquant un dérangement *des conditions d'existence.*

972. — Leurs caractères chimiques d'acidité, ou leur composition par une base et un acide bien déterminés, les rapprochent encore sous ce rapport des principes de la première classe. Mais ils ne jouissent d'aucune propriété nutritive et ne peuvent être assimilés ni se fixer aux substances organiques. Introduits dans l'organisme, ils sont rejetés tels que, ou bien subissent des transformations isomériques ou passent d'un état spécifique à un autre, soit par destruction (lactates), soit par union à quelque autre principe, comme l'acide benzoïque, ou le benzoate de chaux qui ressortent à l'état d'acide hippurique ou d'hippurate de chaux.

Ce qui précède montre qu'ils ne prennent qu'une part fort accessoire à la constitution de la matière organisée.

973. — Le reste comme aux caractères de la classe.

CHAPITRE XXXII.

ACIDE LACTIQUE.

Synonymie : *Acide galactique* (Schèele), *acide lactique* (Fourcroy), *acide nancéique* (Braconnot), *acide caséique* (Proust).

974. — L'acide lactique est un principe immédiat qui se trouve normalement dans le suc gastrique, et dans le duodénum, quand le liquide de l'estomac y passe. C'est à ce principe qu'il doit son acidité. On a admis que la réaction acide du chyme dans l'intestin grêle est due à de l'acide lactique formé par le passage de l'amidon à l'état de dextrine, de glucose, puis d'acide lactique; mais pourtant on sait, d'après les recherches de M. Cl. Bernard, que pendant la digestion des matières végétales, le chyme est alcalin, et il n'est acide que durant la digestion des matières azotées. Lehmann s'est assuré, dans un cas d'anus contre nature du côlon ascendant, que la réaction acide du contenu du gros intestin était due à de l'acide lactique dont il a pu obtenir du lactate de zinc. Le suc sécrété par cet intestin est pourtant alcalin, mais la partie centrale des matières qu'il renferme, surtout dans le cas d'alimentation végétale, serait acide. Il y en a aussi dans les muscles, de là vient qu'ils rougissent le papier de tournesol. Il en est de même pour la sueur; d'après Scherer, les sueurs, très abondantes principalement après la fièvre puerpérale, contiennent de l'acide lactique libre (1).

Lehmann en a constaté la présence dans une grande quantité de salive acide d'un diabétique, réaction qui est assez fréquente dans ce liquide chez ces malades (2). L'acide peut être constaté même en ayant soin de recueillir la salive dans l'alcool pour éviter la catalyse lactique du glucose. Enfin, Schmidt (3) a trouvé dans les os d'un individu atteint d'ostéo-

(1) Scherer, *Untersuchungen zur Pathologie.* Wurzburg, in-8°, 1843, p. 147.

(2) Lehmann, *Learbuch der phys. Chemie,* in-8°, 2e édit., 1850, t. I, p. 98.

(3) Schmidt, *Sur la prés. de l'acide lactique dans les os affect. de ramolliss.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, t. LXI, p. 329).

malacie assez d'acide lactique libre pour préparer du lactate de zinc cristallisé et déterminer l'équivalent de ce sel. Le fémur seul en contenait assez pour permettre de faire cette expérience.

Pendant longtemps on a cru que l'acide lactique existait dans le lait; mais le lait frais ne contient pas trace d'acide lactique ni de lactates. Ces substances ne se forment que par suite de la fermentation du sucre de lait, quand ce liquide a été exposé à l'air.

Berzelius en a admis la présence dans l'urine, mais Liebig a démontré expérimentalement qu'on ne pouvait pas retirer cet acide de l'urine, et quels que soient les moyens qu'il a employés pour en démontrer la présence, ses expériences ont toujours eu un résultat négatif (1). Lehmann, en admettant que la présence de cet acide dans l'urine est loin d'être constante, dit qu'on en trouve quelquefois un jour et le lendemain pas; qu'il y en a aussi dans l'urine des individus qui ont un affaiblissement partiel du tissu pulmonaire suite de catarrhes répétés, ainsi que dans la plupart des maladies fébriles. Dans les cas d'ostéomalacie et quand l'urine contient une quantité considérable d'oxalate de chaux, on trouverait toujours de l'acide lactique (2); Scherer (3), et Marchand (4) ont trouvé aussi de l'acide lactique dans l'urine des enfants rachitiques; on sait, du reste, d'après M. Trousseau, que le rachitisme n'est que l'ostéomalacie des enfants, qu'en un mot c'est là une même affection (5).

975. — La quantité relative de ce principe dans le corps et les différentes régions où il se trouve n'a jamais été calculée.

Il est toujours liquide et conserve dans l'économie sa réaction acide, comme le montrent le tournesol et les carbonates

(1) Liebig, *Ueber die Constitution des Harns der Menschen und der fleischfressenden Thiere* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1842, t. XL, p. 161).

(2) Lehmann, *Lehrbuch der physiol. Chem.*, in-8°. Leipzig, 1850, 2e édit., t. I, p. 104-105.

(3) Scherer, *loc. cit.*, 1843, p. 74.

(4) Marchand, *Lehrbuch der phys. Chem.*, in-8°. Berlin, 1841, p. 105.

(5) Trousseau dans Beylard, *Du rachitis, de la fragilité des os, et de l'ostéomalacie*, in-4°. Paris, 1852.

alcalins qu'il décompose, pourvu que par évaporation de l'eau on ait soin de diminuer la dilution du suc gastrique ; autrement le liquide n'étant pas assez concentré, la quantité d'acide carbonique dégagée se dissout au fur et à mesure de sa formation (1).

976. — Cet acide lactique est certainement libre, car nous ne parlons pas ici de celui qui est combiné à des bases, soit de manière à être neutralisé complétement, soit de telle sorte qu'il constitue des sels acides. Il est difficile de savoir si cet acide est simplement mêlé à l'eau, ou s'il est mêlé aussi aux matières albumineuses pour concourir à former la substance organisée. Toujours est-il qu'il conserve dans l'économie, dans le suc gastrique du moins, celle de ses propriétés organoleptiques qui est la plus prononcée, savoir son goût acidule.

977. — Ainsi, comme résultat de toutes ces propriétés, le suc gastrique concourt à former la substance de quelques unes des parties du corps ; mais toutefois d'une manière très secondaire quant à la constitution anatomique du liquide, quoique au point de vue physiologique il joue un rôle important, le gonflement des substances azotées.

978. — L'acide lactique qu'on trouve dans l'économie provient de deux sources. 1° Il s'en formerait, à ce qu'il paraît, un peu pendant la digestion des matières féculentes cuites ; mais il ne s'en forme que fort peu de cette manière. On trouve en effet que pendant la digestion des fécules la plus grande partie de celles-ci passe à l'état de dextrine ; il se forme de plus *des traces* de glucose, et le tout est accompagné d'un peu d'acide lactique : reste à savoir si de celui-là une portion ne vient pas de l'acide du suc gastrique. La durée de la digestion des féculents est en effet trop courte pour qu'il puisse se former beaucoup de cet acide, pour que beaucoup de fécule puisse passer successivement à l'état de dextrine, de glucose et d'acide lactique. 2° De l'acide lactique est formé dans l'économie, savoir dans les muscles et dans l'estomac qui en sécrète. Comme pour beaucoup d'autres principes, les conditions de cette formation, l'endroit très précis

(1) Bernard et Barreswill, *Deuxième mémoire sur les phén. chimiq. de la digest.* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1844, t. XIX, p. 1284).

où elle a lieu, les principes qui cèdent les éléments de l'acide, quelles espèces deviennent ceux qui cèdent après avoir abandonné une partie de leurs éléments, tous ces faits sont peu connus ; pourtant ce que nous avançons là (2°) est néanmoins certain. En effet, l'acide lactique qui se trouve dans l'estomac et le duodénum a pu être considéré comme formé par les aliments qui ont subi une sorte de fermentation, cependant il est le produit d'une sécrétion de la muqueuse de l'estomac ; car en irritant la paroi interne de cet organe, lorsque les aliments sont complétement digérés, on obtiendra de l'acide lactique dans le suc stomacal. On sait aussi, d'après M. Cl. Bernard, que les alcalis ont la propriété de déterminer la sécrétion d'une grande quantité de suc gastrique acide, quand on les met au contact de la muqueuse stomacale. L'acide qui existe en proportion si considérable dans les muscles ne peut en aucune manière provenir d'une catalyse des aliments amylacés, car on ne pourrait comprendre pourquoi le tissu musculaire des carnivores est tout aussi riche en acide lactique que celui des herbivores. Il est donc évident que l'acide lactique des muscles ne peut pas provenir des aliments, mais qu'il est un produit de la décomposition désassimilatrice de la substance organisée. En passant de l'intestin dans le sang, l'acide lactique (s'il y en a d'emprunté au chyme, comme cela est probable dans quelques cas) doit en effet passer à l'état de lactate ; or, on sait que treize minutes (1) seulement après avoir pris 16 grammes de lactate de soude, l'urine devient alcaline par suite du passage dans ce liquide de carbonate de cette base, provenant sans doute du lactate dont l'acide est passé à l'état de carbonate.

Scherer (2) a observé que l'urine fraîche exposée à l'air subit une sorte de fermentation qui a pour résultat la production graduelle d'un acide libre. Lehmann avait déjà observé que, chez les diabétiques, l'urine, qui fraîche réagissait neutre ou alcalin, devenait bientôt acide (3). La facilité avec laquelle le sucre formé dans l'organisme passe dans l'urine, ainsi que nous le verrons en traitant du sucre du foie, rend probable que plus d'un cas où l'on a trouvé de l'acide lactique et des lactates dans l'urine, il proviendrait de la catalyse lactique de ce sucre, phénomène dont toutes les conditions se trouvent dans l'urine. L'acide lactique ainsi formé, décomposant les urates, il doit en résulter la formation de lactates. Il ne serait pas impossible que, quelquefois ce phénomène commençant dans la vessie, ce ne fût ici la cause qui détermine la précipitation de l'acide urique qui est, dans certains cas, déjà entraîné par l'urine au moment de son émission (4),

(1) Lehmann, *Jahesbericht der gesammte Medicine*, in-8°, 1843, p. 10.

(2) Scherer, *loc. cit.*, 1843, p. 1 à 16.

(3) Lehmann, *De urina diabetica dissertatio inauguralis*, in-8°. Lipsiæ, 1835.

(4) Lehmann, *loc. cit.*, 1850, t. I, p. 105.

et plus probablement encore la cause du dépôt d'acide urique cristallisant *du jour au lendemain* dans des urines, n'en contenant pas au moment de leur expulsion.

979. — Le rôle de l'acide lactique dans les muscles n'est pas connu. On sait que dans le suc gastrique il remplit un rôle accessoire, mais indispensable. Il existe en effet dans ce liquide une matière animale albumineuse coagulable vers 80 ou 90 degrés, qui dissout les matières azotées, quand elle est dans un liquide acide, et alors n'agit pas sur les fécules. Elle agit au contraire sur les fécules qu'elle rend solubles, et passe sur la viande quand elle est dans un liquide alcalin (1). Le rôle de l'acide lactique est donc d'acidifier le liquide gastrique qui contient cette substance et de lui permettre d'agir sur les substances organiques. Substance organique elle-même, différant des autres par suite des conditions où elle se trouve et pouvant être remplacée dans les digestions artificielles par toute matière organique qui a subi le contact de l'air, jusqu'au point de devenir soluble, elle exerce sur les substances azotées gonflées par un acide une action catalytique. L'acte qui s'opère est une catalyse isomérique par suite de laquelle, d'insolubles, les substances organiques deviennent solubles.

980. — *Extraction.* Pour extraire l'acide lactique du corps des animaux, il faut pouvoir le séparer des substances avec lesquelles il se trouve mélangé. Le procédé que nous allons indiquer pour retirer cet acide du tissu musculaire peut s'appliquer à tous les autres tissus et liquides dans lesquels on voudrait rechercher cette substance. De la viande dégagée de graisse est hachée très fin, puis macérée dans de l'eau froide et pressée fortement. La liqueur est chauffée jusqu'à ce que l'albumine se coagule, traitée par un peu de baryte pour neutraliser l'acide, puis évaporée jusqu'à consistance sirupeuse. La créatine cristallise au bout de quelques jours. L'eau mère est séparée puis évaporée encore un peu ; par l'addition d'un peu d'alcool, l'inosate de baryte et celui de potasse cristallisent aussi. La partie restée liquide est complétement évaporée, et extraite par de l'alcool ; il se forme encore, si on laisse reposer longtemps la solution alcoolique, quelques cristaux, mais la solution ne contient presque que du lactate de potasse ou de baryte. On ajoute à la liqueur alcoolique de l'acide sulfurique ou oxalique, qui précipite la potasse et la baryte sous forme de sulfates ou d'oxalates. On ajoute ensuite à la solution de l'éther jusqu'à ce que ce nouveau véhicule ne précipite plus rien de la liqueur. On chasse l'éther et l'alcool et l'on sature l'acide avec du lait de chaux ; la masse est traitée par de l'éther mélangé d'alcool, qui dissout le lactate de chaux pur. On peut obtenir l'acide lactique directement sans faire un

(1) Cl. Bernard et Barreswill, *Troisième mémoire sur les phén. chimiq. de la digest.* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1845, t. XXI, p. 88).

sel de chaux, mais il ne sera jamais parfaitement pur. Le lactate de chaux cristallise mieux de l'eau que de l'alcool, et peut être décoloré complétement par le charbon animal.

Le même procédé peut être employé pour reconnaître l'acide lactique dans l'urine, le sang et les autres fluides du corps des animaux. La forme des cristaux du lactate de chaux est tellement caractéristique, qu'il faut chercher de préférence à former ce sel pour l'examiner au microscope. Les réactions qu'on a proposées pour reconnaître l'acide lactique doivent être complétement abandonnées, car elles ne sont pas caractéristiques du tout.

L'acide lactique pur est un liquide incolore ; sa densité est de 1,22 ; soluble en toute proportion dans l'eau et l'alcool. Sa composition est représentée par $C^6H^5O^5.HO$. L'équivalent d'eau peut être remplacé par un équivalent de base. A 130 degrés, il perd cet équivalent d'eau ; il se change alors en acide lactique anhydre, solide, fusible, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther. Dans l'eau et l'air humide il repasse peu à peu à son premier état. A 250 degrés, il se décompose en plusieurs produits dont l'un est la *lactamide* ($C^6H^4O^4$), autrefois appelée à tort *acide lactique anhydre*, parce qu'elle se combine à l'eau et donne naissance à de l'acide lactique hydraté.

Historique.

981. — L'acide lactique a été trouvé la première fois par Schèele dans le petit-lait (1). Il l'appela *acide galactique* (2). Ce n'est pas le même corps que l'acide *sacch-lactique* qu'il obtint par l'action de l'acide nitrique sur le sucre de lait. Schèele crut que cet acide faisait partie du lait frais. Il est remarquable de voir, presque aussitôt après cette découverte, Macquart indiquer que l'acidité du suc gastrique de veau est due à de l'acide lactique (3), plus des traces d'*acide acétique*. Bouillon-Lagrange (4), puis M. Thénard (5), dirent que c'était de l'acide acétique et non un acide particulier qui se trouve dans le lait ; ce dernier pensa aussi que l'acidité de l'urine et de la sueur était due à de l'acide acétique. Fourcroy et Vauquelin (6) pensaient que c'était de l'acide acétique combiné

(1) Schèele, *Mémoires de chymie*, in-12, traduct. franç. Dijon, 1795, 2e part.

(2) Schèele, *Mém. de l'Acad. roy. de Stockholm*, 1780, t. I, p. 110.

(3) Macquart, *Mém. de la Soc. de méd. de Paris*, 1786.

(4) Bouillon-Lagrange, *Mém. sur le lait et sur l'acide lactique* (*Ann. de chim.*, 1804, t. L, p. 272).

(5) Thénard, *Mém. sur l'anal. de la sueur, sur l'acide qu'elle contient, et sur les acides de l'urine et du lait* (*Ann. de chimie*, 1806, t. LIX, p. 262).

(6) Fourcroy et Vauquelin, *Journal de chimie et de physique*, 1806, t. II, p. 515.

aux sulfates du lait et à sa matière animale. Berzelius (1), dans ses nombreuses recherches sur la composition des tissus et des fluides animaux, attribua à l'acide lactique la cause de l'acidité des muscles, du suc gastrique et de l'urine des carnivores ; il trouva de même dans le sang, le lait, la bile, etc., des lactates. Berzelius, tout en soutenant que l'acide qu'il avait trouvé dans l'organisme était identique avec celui découvert dans le lait acide, admit aussi que ce pouvait bien être de l'acide acétique modifié. D'après Enderlin il n'existerait pas d'acide lactique ni d'acide acétique dans l'estomac (2).

Ces divergences d'opinions chez ces chimistes distingués se comprennent facilement quand on considère qu'à l'époque à laquelle ils se trouvaient, les moyens d'investigation n'étaient pas aussi perfectionnés que maintenant ; on se contentait de caractères physiques et de quelques caractères chimiques seulement. C'était alors qu'on désignait sous le nom d'*osmazôme* ce que nous trouvons être maintenant un mélange de substances parfaitement déterminées, comme, l'acide inosique, la créatine, etc. C'est au milieu de cette divergence d'opinions que survint la question de l'acidité du suc gastrique que Proust (3) pensait être de l'acide chlorhydrique. Cette idée était soutenue par Tiedemann et Gmelin, qui crurent aussi y trouver de l'acide acétique (4) ; par Dunglison (5) et aussi par Braconnot, et par Children (6). Mais M. Chevreul (7), puis MM. Leuret et Lassaigne (8), indiquèrent que c'est bien de l'acide lactique comme l'avait dit Macquart. Lehmann aussi (9) reconnut que l'acide du suc gastrique était de l'acide lactique.

M. Blondlot (10) trouva que le suc gastrique ne contenait point d'acide lactique, et que l'acidité du suc était due à la présence de phosphate acide

(1) Berzelius, *Lettre à Gehlen* (*Journ. für Chem., Phys., und Miner.*, 1810, t. IX, p. 587).

(2) Enderlin, *Sur les acides du suc gastrique* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1843, t. IV, p. 401).

(3) Proust, *Transact. of the medical Society*, 1824, p. 45.

(4) Tiedemann et Gmelin, *Rech. expériment. physiolog. et chimiq. sur la digestion*, trad. par Jourdan. Paris, 1827, t. I, p. 166.

(5) Dunglison dans Hermann, *Physiology*. Philadelphia, in-8°, 1836.

(6) Children, *Sur la nature de l'acide libre qui se trouve quelquefois dans les déjections de l'estomac humain dans les cas de dyspepsie* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1829, t. XXVII, p. 41).

(7) Chevreul dans Magendie, *Précis élémentaire de physiologie*, 1817, t. II, p. 13.

(8) Leuret et Lassaigne, *Rech. physiol. et chimiq. pour servir à l'hist. de la digest.*, in-8°. Paris, 1825, p. 117.

(9) Lehmann, *Lehrb. der phys. Chem.*, 1840, Bd. I, s. 284.

(10) Blondlot, *Traité analytique de la digestion*, in-8°. Paris et Nancy, 1843, p. 244.

de chaux; tandis qu'en même temps M. Lassaigne (1) cherchait à démontrer que c'était bien de l'acide chlorhydrique qui se trouvait dans le suc gastrique. Plus tard, MM. Bernard et Barreswill, ainsi que M. Pelouze (2), ont fait une série d'expériences desquelles ils conclurent que c'était à l'acide lactique qu'est due l'acidité du suc gastrique. Lehmann (3) a enfin retiré d'une grande quantité de suc gastrique de l'acide lactique qu'il a transformé en sels, et qu'il a pu analyser et étudier de manière à ne laisser aucun doute sur la présence de l'acide lactique dans le suc acide de l'estomac.

Dernièrement, Liebig, dans ses belles recherches sur la composition des muscles, a donné un procédé qui permet d'extraire cet acide et de le séparer d'autres substances, même lorsqu'il existe en très petite quantité dans un tissu ou une humeur (4).

M. Lassaigne a trouvé de l'acide lactique libre dès 1826, dans le liquide noir vomi dans les cas de cancer de l'estomac; il y avait aussi des lactates de soude et d'ammoniaque (5). Duménil dit en avoir trouvé dans l'urine normale avec de l'acide acétique et du lactate d'ammoniaque (6). Collard de Martigny l'a également trouvé (7) dans un liquide vomi par un malade atteint d'une affection de l'estomac indéterminée. Il lui donne le nom d'*acide caséique*, dénomination créée par Proust (8) pour désigner l'acide lactique qu'il obtenait par la putréfaction du gluten et du caséum dans l'eau. Il cherche à montrer que la chimie indique toujours dans les cas morbides des principes nouveaux et différents de ceux qu'on trouve à l'état normal dans les mêmes organes. MM. Bouchardat et Sandras considérèrent d'abord l'acide lactique de l'estomac, non pas comme sécrété par la muqueuse de l'estomac, mais comme résultant d'une transformation de l'amidon en acide lactique dans l'estomac lui-même (9), fait qui a été reconnu inexact. M. Lassaigne l'a indiqué dans le suc gastrique comme

(1) LASSAIGNE, *Journ. de chim. méd.*, 1844, t. X, p. 73 et 189.

(2) BERNARD et BARRESWILL, *loc. cit.* (*Comptes rend.*, 1844, t. XIX, p. 1227).

(3) LEHMANN, *Berichte d. Gesellschaft d. Wiss. z. Leipsik*, 1846, Bd. I, s. 100-105.

(4) LIEBIG, *Sur les principes des liquides de la chair musculaire* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1848, t. XXIII, p. 183).

(5) LASSAIGNE, *Obs. chim. sur un liq. noir vomi dans une malad. cancéreuse de l'estomac* (*J. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 412).

(6) DUMÉNIL, *Sur l'urine* (*J. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 328).

(7) COLLARD DE MARTIGNY, *Anal. d'un liq. noir vomi dans une maladie de l'estomac* (*J. de chim. méd.*, 1827, t. III, p. 32).

(8) PROUST, *Rech. sur le principe qui assaisonne les fromages* (*J. de pharm.*, 1819, t. V, p. 343).

(9) BOUCHARDAT et SANDRAS, *Recherches sur la digestion* (*Annuaire de thérapeutique*, Paris, in-32, 1843, p. 285).

lui donnant son acidité et dissolvant le phosphate de chaux, ce qui a fait prendre celui-ci pour un biphosphate (1). Il dit aussi en avoir trouvé dans une urine albumineuse (2).

Les expériences de MM. Bernard et Barreswill ont montré que ce n'est pas le biphosphate de chaux qui donne à ce suc sa réaction acide. Si en effet le suc gastrique ne fait pas effervescence avec le carbonate de chaux, cela tient à ce que, trop étendu, le liquide a la propriété de dissoudre la petite quantité d'acide carbonique au fur et à mesure de sa formation. En concentrant le liquide, le dégagement a lieu quand on lui ajoute de la craie. De plus, le suc gastrique dissout le phosphate neutre de chaux, tandis que le biphosphate de chaux ne dissout pas ce sel. L'acide chlorhydrique qu'on obtient en distillant le suc gastrique ne se dégage que sur la fin de l'opération, lorsqu'il ne reste plus que quelques gouttes de liquide ; ce fait et d'autres expériences montrent qu'il ne se dégage que lorsque l'acide lactique est suffisamment concentré pour décomposer un peu des chlorures du suc gastrique. Du reste, l'expérience prouve que l'acide chlorhydrique libre ne peut jamais exister en présence d'un phosphate ou d'un lactate, sans décomposer ces composés et mettre leurs acides en liberté. MM. Bernard et Barreswill montrent enfin que l'acide lactique libre est celui que l'on trouve toujours dans le suc gastrique, quelle que soit la nature des aliments animaux ou végétaux, ou même après une diète prolongée. Lorsqu'on y trouve une faible quantité d'acide phosphorique, il vient de l'action exercée par l'acide lactique sur les phosphates du suc gastrique, d'où résultent la formation d'un peu de lactate et la mise en liberté d'un peu d'acide phosphorique. Du reste, on peut neutraliser le suc gastrique par du phosphate neutre de chaux, et si après cela on lui ajoute quelque autre acide, comme les acides acétique, phosphorique ou chlorhydrique, le suc conserve ses propriétés digestives (3). Pourtant Lehmann prétend que nul acide ne peut remplacer le lactique et le chlorhydrique (4). Il est probable, mais non démontré par l'analyse, que c'est aussi l'acide lactique qui rend acide le chyme des animaux nourris de viande, chiens ou lapins, tandis que les mêmes animaux nourris de végétaux ont le contenu de l'intestin grêle alcalin (5).

(1) Lassaigne, *Nouv. rech. chimiq. sur le principe qui donne au suc gastrique son acidité* (*Journ. de chim. méd.*, 1844, t. X, p. 73 et 183).

(2) Lassaigne, *Rech. sur la composit. d'une urine albumineuse rendue dans une affect. des reins* (*J. de chim. méd.*, 1845, t. XI, p. 8).

(3) Bernard et Barreswill, *Deuxième mém. sur les phén. chimiq. de la digest.* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1844, t. XIX, p. 1284-1289).

(4) Lehmann, *Berichte der Gesellschaft der Wiss. zu Leipzig*, in-8°, 1849.

(5) Bernard, *Des différences que présentent les phénomènes de la digestion*

C'est à tort que MM. Bouchardat et Sandras ont admis que pendant la digestion des matières féculentes cuites, il se forme de la dextrine, du glucose, et même une partie seulement de celui-ci passe à l'état d'acide lactique (1). Engelhardt et Madrell (2) ont cru avoir reconnu que l'acide lactique des muscles et que celui qui se forme par catalyse des sucres sont différents; Engelhardt (3) pense que ce sont deux acides isomères, dont l'un *a* (acide lactique des muscles) formerait des sels calcaires contenant 4 équivalents d'eau, et l'autre *b* (acide lactique provenant du sucre) formerait des sels contenant 5 équivalents d'eau. Mais les analyses des sels de zinc et de magnésie de l'acide lactique provenant de ces deux sources faites par Lehmann lui ont toujours donné des résultats qui ne différaient pas l'un de l'autre (4). Les faits avancés par Madrell et Engelhardt demandent donc à être vérifiés avant qu'on puisse les admettre. Lorsqu'on croyait l'acide lactique un des principes les plus importants et des plus répandus dans l'économie, avant d'avoir reconnu que l'acide lactique est un principe très accessoire comparativement à beaucoup d'autres, bien qu'il soit utile de tenir compte de sa présence surtout dans les muscles et l'estomac, on le considérait comme un des principaux agents du transport des phosphates terreux, parce qu'il les dissout mieux que plusieurs acides. Mais Lehmann observe avec raison qu'on ne saurait contester (5) que les substances albumineuses, qui n'existent jamais sans phosphate calcaire et souvent en entraînent une assez forte proportion, ne soient un meilleur moyen de transport des sels calcaires que ne peut être l'acide lactique.

CHAPITRE XXXIII.

LACTATE DE SOUDE.

982. — La présence de ce sel, comme principe immédiat, a été constatée dans l'eau de l'allantoïde de la vache (6).

et de la nutrition chez les animaux herbivores et carnivores (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1846, t. XXII, p. 534).

(1) Bouchardat et Sandras, *Compt. rend. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-8°, 1845, t. XX, p. 143, 303 et 1026.

(2) Engelhardt und Madrell, *Annalen der Chem. und Pharm.*, 1847, t. LXIII, p. 83 et 120.

(3) Engelhardt, *ibid.*, 1848, t. LXIII, p. 359.

(4) Lehmann, *Lehrbuch der phys. Chem.*, in-8°, 2e édit., 1850, t. I, p. 91.

(5) Lehmann, *ibid.*, in-8°, 1850, 2e édit., t. I, p. 109.

(6) Lassaigne, *Nouv. rech. sur la composit. chim. des eaux de l'allantoïde et de l'amnios de la vache* (*Ann. de phys. et de chimie*, 1821, t. XVII, p. 295).

L'exactitude de ce fait est rendue probable par la présence du lactate de potasse dans les muscles, et nous avons vu que les sels de cette base l'emportent sur ceux à base de soude dans ce tissu, et que c'est l'inverse pour le sang. M. Boussingault indique 8,81 pour 1000 dans l'urine du cheval ; mais comme il n'y signale pas le lactate de chaux qui s'y trouve en assez grande proportion, il en résulte qu'on doit se tenir en garde contre l'exactitude de ces résultats. Il est possible aussi qu'il y en ait en même temps que du lactate de potasse dans le suc gatrique. Il est possible aussi qu'une partie de ce dernier acide disparaisse de l'économie en passant à l'état de lactate de soude ou de potasse par décomposition des sels du liquide duodénal, du suc pancréatique et de la bile : d'où saturation partielle de l'acide de l'estomac.

983.—Le sucre sécrété par le foie passe dans la veine cave, de là au cœur et va en diminuant de quantité, au fur et à mesure qu'on approche du poumon, de telle sorte que dans le sang des cavités gauches du cœur il n'y a déjà plus ou presque plus de ce principe (Bernard). Ce sucre passe rapidement à l'état d'acide lactique par catalyse isomérique ou métamorphosante, de manière à former de l'acide lactique et de l'eau ; le sang qui contient du sucre passe, en effet, rapidement à l'état d'acide longtemps avant que la putréfaction commence, et alors ne contient plus de sucre. Il est probable que c'est là le mode de disparition du sucre du foie versé dans les veines sus-hépatiques, et ayant disparu en général à l'arrivée du liquide dans le cœur gauche. Il est probable aussi que cet acide déplace au fur et à mesure l'acide carbonique du carbonate de soude et passe à l'état de lactate de soude.

On sait que le lactate de soude, injecté dans le sang ou introduit avec les aliments, passe à l'état de carbonate de soude, comme les tartrates, citrates, etc., dont nous avons parlé en traitant des carbonates. Nous renvoyons à ce que nous avons dit au chapitre qui traite du carbonate de soude, page 262, sur la nature des actes qui s'accomplissent dans ce cas. Les chimistes adoptent presque tous l'opinion qui veut que ce

soit par une combustion d'une portion du carbone et de tout l'hydrogène de l'acide lactique. Nous avons traité de cette hypothèse dans le premier chapitre de ce livre, nous n'y reviendrons pas.

984. — *Extraction.* Le lactate de soude ne peut pas être extrait directement à l'état dans lequel il se trouve dans l'organisme. En effet, comme celui de potasse il ne cristallise pas, et il est impossible de le séparer des autres principes auxquels il se trouve mélangé. Lorsqu'on a extrait l'acide lactique par le procédé que nous avons indiqué plus haut, on examine quelle est la base et quelle est la quantité de celle-ci par rapport à celle de l'acide, qui a été précipitée de la dissolution alcoolique par l'addition d'acide sulfurique ; de cette manière on reconnaît la nature du sel qui existait.

985. — *Historique.* Berzelius indique des traces de lactate de soude dans le sang humain et pas dans celui de bœuf, lequel contiendrait du lactate de potasse (1). Mais la rapidité du passage de ce sel dans le sang à l'état de carbonate doit faire repousser le fait, d'autant plus qu'il a été mis en avant à une époque où l'on croyait l'acide lactique et les lactates existant dans toutes les humeurs et où toute réaction acide était rapportée à l'acide lactique, et tout sel à acide d'origine organique mal déterminé était dit *lactate* sans preuve directe. Aussi Lehmann dit avec raison, que de toutes les expériences directes faites jusqu'alors, il résulte que la présence des lactates (2) dans le sang n'a jamais pu être réellement démontrée d'une manière sérieuse. L'existence d'une petite quantité de lactate de soude a aussi été signalée dans le sérum du sang d'un homme mort d'anévrisme, ouvert dans la plèvre, par M. Morin, sans qu'elle ait été dosée (3). MM. Henry fils et Soubeiran pensent en avoir également trouvé des traces dans le sang d'un diabétique (4). Berzelius pensait avoir trouvé du lactate de soude dans la salive humaine (5). M. Bouchardat indique 2,96 de lactate de soude pour 1000 dans l'urine d'une malade qui rendait de l'acide hippurique au lieu d'acide urique (6). Nous avons vu précédemment ce qu'il faut penser de ces déterminations. D'après Enderlin, il n'existerait pas de

(1) BERZELIUS, *Traité de chimie*, 1833, t. VII, in-8°, p. 75.

(2) LEHMANN, *Lehrbuch der phys. Chem.*, in-8°, 1850, t. I, p. 101.

(3) MORIN dans VAUQUELIN et BOULLAY, *Rapport sur l'analyse d'un sang épanché dans la cavité gauche de la poitrine, provenant de la rupture d'un anévrisme fort étendu de l'aorte*, par M. Morin (*Journ. de pharm.*, in-8°, 1826, t. XII, p. 248-250).

(4) HENRY fils et SOUBEIRAN, *Rech. analytiq. sur le sang d'un diabétique* (*Journ. de pharm.*, 1826, t. XII, p. 322).

(5) BERZELIUS, *Suite du mémoire sur la composition des fluides animaux* (*Ann. de chim.* Paris, 1813, t. LXXXVIII, p. 113).

(6) BOUCHARDAT, *Annuaire de thérapeutique*, in-32. Paris, 1842, p. 290.

lactates dans le sang de l'homme, du bœuf et du mouton (1). M. Morin note également encore la présence du lactate de soude dans l'urine (2). Bley en indique deux parties dans 7680 parties de sérosité d'une hydrocèle (3). Nous avons déjà dit que toutes les fois que dans une analyse un sel ayant pour acide un composé d'origine organique ne peut pas être déterminé d'une manière très précise, on le donne comme étant du lactate de soude. Il ne faut donc pas attribuer trop de valeur à ces déterminations jusqu'à ce qu'on ait vérifié positivement la nature de ces composés, soit par la forme des cristaux en les faisant passer à l'état de sels de chaux par double décomposition, soit par l'analyse élémentaire, quand elle est possible. Moleschott fait remarquer que l'acide lactique ne doit se trouver dans le sang pour ainsi dire qu'en passant, ou tout au moins qu'en très petite quantité ; aussi Enderlin, Schlossberger (4) et lui (5), n'ont pu en trouver, quoique l'un d'eux (Schlossberger) ait agi sur une grande quantité de sang de cheval.

Lehmann (6) a trouvé d'une manière non douteuse des lactates dans la lymphe du canal thoracique de deux chevaux tués après avoir pris beaucoup d'aliments amylacés ; mais la nature de la base n'a pas été déterminée. Schwartz a bien indiqué la proportion de 0,115 de lactate de soude dans le lait de vache, et un peu de ce sel aussi dans le lait de femme ; mais on sait que ce n'est que par fermentation du sucre de lait que se forme l'acide lactique dans cette humeur. C'est donc là un produit de décomposition ou artificiel dont nous n'avons pas à tenir compte. Preuss indique du lactate de soude dans les tubercules pulmonaires (7). Berzelius croyait aussi à l'existence du lactate d'ammoniaque dans l'urine d'homme, à l'époque où il pensait avoir trouvé l'acide lactique dans ce liquide ; mais on sait actuellement qu'il n'en est rien.

CHAPITRE XXXIV.

LACTATE DE POTASSE.

986. — L'existence de ce principe n'est pas absolument démontrée,

(1) Enderlin, *Sur les lactates dans le sang* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1843, t. IV, p. 190, et *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1843, t. XLVI, p. 164).

(2) Morin, *Obs. sur la constitut. des urines* (*Journ. de pharm. et de chim.* 1843, t. III, p. 354).

(3) Bley, *Analyse de la sérosité d'une hydrocèle* (*Arch. der Pharm.*, 1846, t. LXXXV, p. 521).

(4) Schlossberger, *Arch. für physiologische Heilkunde*, von Vierord, 1850, vol. IX, p. 511.

(5) Moleschott, *Phys. des Stoffwechsels*, in-8°. Erlangen, 1851, p. 251. — Moleschott, *Die Lehre der Nahrungsmittel*, in-8°, 1850.

(6) Lehmann, *loc. cit.*, in-8°, 1850, t. I, p. 101.

(7) Preuss, *Tuberculorum pulmonis crudorum analysis chemica*. Berlin, 1835.

mais elle est fort probable dans les muscles et dans le suc gastrique, car l'acide lactique doit décomposer les carbonates alcalins quand il y en a d'introduit avec les aliments. Berzelius en indique des traces dans le sang de bœuf. Ce sel ne cristallise pas et forme à l'état de plus grande pureté un sirop épais; de plus, il est presque impossible, en raison des propriétés ci-dessus, de le séparer des matières soit d'origine organique, soit minérales, avec lesquelles il se trouve mélangé. Nous avons parlé dans le chapitre précédent de l'acide lactique libre; mais on peut retirer des muscles beaucoup plus d'acide lactique qu'il n'y en existe à l'état de liberté. Tout porte à croire qu'il est combiné avec une portion de la potasse qui s'y trouve en grande quantité. Il en est très probablement de même dans le suc gastrique. Berzelius en note des traces dans le sang de bœuf (1); M. Boussingault (2) en indique 17,16 pour 1000 dans l'urine de vache, et 11,28 dans celle de cheval; Hiéronymi en note 3,30 dans celle du chien.

On comprend facilement que possédant aussi peu de données positives sur ce principe, il est inutile de s'étendre davantage sur son histoire.

CHAPITRE XXXV.

LACTATE DE CHAUX.

987.—Ce sel se trouve dans l'urine de cheval en assez grande proportion; jusqu'à présent ce n'est que dans ce liquide qu'il a été trouvé. Il est probable que, dans quelques circonstances, il y en a dans le suc gastrique en même temps que du lactate de soude et de potasse: Lehmann a en effet constaté la présence du premier dans le suc gastrique et le duodénum acide du cheval (3); il est probable aussi que ces sels doivent se trouver dans le chyme, au moins dans certains cas, et de là passer dans le chyle et le sang. L'acide lactique du suc stomacal, lorsqu'il se trouve en présence des carbonates, a, en effet, la propriété de les décomposer, même en prenant du suc gastrique mêlé de fragments de substances alimentaires. C'est ce qu'ont vu MM. Bernard et Barreswill (4) et Melsens (5).

(1) Berzelius, *Mém. sur la composit. des fluides anim.* (*Ann. de chim.*, 1813, t. LXXXVIII, p. 65 et 68).

(2) Boussingault, *loc. cit.*, 1840.

(3) Lehmann, *Lehrbuch der phys. Chem.*, 2e édit., in-8°, 1850, t. I, p. 98.

(4) Bernard et Barreswill, *loc. cit.* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1844, t. XIX, p. 1284).

(5) Melsens, *Recherches sur l'acidité du suc gastrique* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1844, t. XIX, p. 1289).

988. — La quantité de ce principe qui existe dans l'économie n'est pas connue, ni en volume ni en poids.

Ne se trouvant que dans l'urine, son séjour dans l'économie n'est pas de longue durée.

989. — C'est à l'état liquide qu'il se rencontre dans l'humeur ci-dessus, et il est à cet état par dissolution directe, car ce lactate est soluble dans l'eau.

On ne peut, comme pour nombre d'autres principes, en constater les réactions ni les propriétés organoleptiques dans l'économie, en raison de ce qu'elles sont masquées par celles des autres sels qui l'accompagnent. On ne peut indiquer non plus avec quels autres principes il est combiné pour concourir à former la substance de l'urine.

On ne saurait dire d'une manière précise comment il se forme dans l'économie; c'est peut-être par décomposition du carbonate ou quelque autre sel de chaux à acide faible, par l'acide lactique au fur et à mesure de sa formation. Il est rejeté à chaque expulsion de l'urine.

990. — *Extraction.* Comme le lactate de chaux, en très petite quantité, ne peut pas cristalliser dans un liquide contenant d'autres substances organiques, il faut, avant tout, chercher à l'isoler autant que possible. Nous avons cependant obtenu plusieurs fois du lactate de chaux cristallisé directement de l'urine de cheval, sans autre préparation que d'évaporer ce liquide au bain-marie et en ayant soin d'enlever l'hippurate de chaux qui se forme à la surface pendant l'évaporation. Le lactate de chaux cristallisait ensuite en groupes d'aiguilles et pouvait être purifié par une nouvelle cristallisation (1).

Les masses cristallines dont nous venons de parler offrent une disposition très caractéristique qui permet de le reconnaître facilement à l'aide du microscope partout où il existe. Dans l'urine de cheval, par exemple, après avoir par une première évaporation enlevé l'hippurate de chaux, on voit se déposer les masses figurées pl. IX, fig. 3. Les groupes cristallins (*a* et *b*) sphériques sont très nombreux. Ces masses sont très opaques, noires, surtout vers le centre. Elles sont formées de très fines aiguilles assez fortement réunies ensemble et s'irradiant autour d'un centre. Tantôt ces aiguilles cessent brusquement au bord de la masse, comme en

(1) ROBIN et VERDEIL, *Comptes rendus et Mém. de la Société de biologie.* Paris, 1850, in-8°, p. 25.

a; d'autres fois, elles dépassent un peu la portion opaque, comme en *b*. Sur quelques masses cristallines on trouve un ou plusieurs groupes d'aiguilles s'avançant au dehors de la sphère opaque (pl. IX, fig. 3, *d*). On trouve en même temps une grande quantité de petits groupes d'aiguilles, disposées en éventail ou parallèlement les unes aux autres (*c c*), ou semi-penniformes. Enfin on rencontre beaucoup de petites aiguilles libres isolées, semblables à celles qui sont groupées ensemble. Ces aiguilles de lactate de chaux sont toujours, dans l'urine du cheval, mêlées à des aiguilles d'hippurate de chaux. On les distinguera les unes des autres en ce que l'hippurate dépolarise et colore fortement la lumière, même quand ses aiguilles sont isolées; tandis que le lactate ne dépolarise et ne colore pas quand les aiguilles sont isolées ou seulement groupées en très petites masses (comme *e*), disposées en éventail ou non; il agit peu sur la lumière polarisée, même quand les masses sont plus grosses (comme *a*, *b*, *c*).

Les aiguilles de lactate de chaux ont quelque chose de roide. Tantôt elles s'arrêtent toutes au même niveau à la périphérie d'une masse sphérique, et alors elles sont terminées carrément, c'est-à-dire qu'elles ne se terminent pas en pointe. D'autres fois elles sont plus grosses vers leur partie adhérente qu'à l'extrémité libre, qui se termine en pointe effilée comme une fine aiguille à coudre. Ces particularités qui concourent à donner aux amas cristallins de ces sels quelque chose de très caractéristique sont difficiles à reproduire par la gravure, qui rend plutôt l'aspect général que chacun de ces détails à part.

Les cristaux de lactate de chaux artificiel, obtenu, par exemple, en saturant par la chaux l'acide lactique des muscles, sont ordinairement formés d'aiguilles droites, roides, plus grosses que celles des groupes ci-dessus. Elles se terminent également en pointe effilée très aiguë. Elles se groupent de diverses manières, soit comme les précédentes, soit en amas aplatis d'égale largeur dans toute leur étendue, opaques vers le milieu, ne présentant pas d'aiguilles saillantes sur leurs côtés (pl. IX, fig. 3, *b*). D'autres fois les aiguilles sont diversement implantées sur une masse sphérique centrale, qui souvent n'est recouverte qu'en partie par celles-ci et présente comme des traces de l'implantation d'autres aiguilles. Ces amas cristallins, bien que très blancs comme ceux de l'urine, quand ils sont vus par réflexion, au lieu d'arrêter la lumière et d'être noirs quand ils sont vus par transparence, ont, au contraire, une teinte d'un jaune brun. Le lactate de baryte cristallise en aiguilles généralement à extrémité nettement tronquées, dont les groupes se rapprochent beaucoup des formes *aa*, fig. 3, pl. IX.

CHAPITRE XXXVI.

OXALATE DE CHAUX.

Synonymie : $C^2O^3.CaO + 2HO$. *Oxalate calcaire, oxalate calcique, pierre murale.*

991.— L'oxalate de chaux, en raison de sa composition chimique, appartient à la première classe des principes immédiats au même titre que le phosphate ammoniaco-magnésien. Cependant il est à remarquer que, s'il s'agissait ici d'un traité des principes immédiats végétaux et animaux, ces deux sels devraient rentrer dans la seconde classe. Ils se forment, en effet, dans les corps organisés seulement. Quoique l'oxalate de chaux introduit dans l'organisme par les aliments végétaux passe facilement dans les urines, il est probable qu'il est des circonstances dans lesquelles ce sel se forme de toutes pièces dans le corps animal.

L'oxalate de chaux se trouve constamment dans l'urine des herbivores ; nous en avons très fréquemment trouvé en même temps que du carbonate de cette base dans le dépôt normal qui se forme dans l'urine des chevaux.

On en trouve assez souvent dans l'urine de l'homme sain. C'est surtout l'urine du matin qui laisse déposer des cristaux de ce sel de chaux ; mais ce n'est pas toujours le cas, il ne cristallise souvent qu'un certain nombre d'heures après l'émission ; il se trouve donc dissous dans l'urine.

Le plus souvent, c'est une nourriture végétale qui détermine la présence de l'oxalate de chaux dans l'urine ; les vins mousseux, la bière riche en acide carbonique, les bicarbonates alcalins et les sels alcalins à acide végétaux, augmentent aussi la quantité de l'oxalate de chaux dans l'urine. Ce n'est probablement que sous la forme de sel de chaux que l'acide oxalique peut se rencontrer dans l'organisme animal, et cela se comprend ; l'acide oxalique, avant de pouvoir se combiner avec une autre base que la chaux, devrait saturer auparavant

toute la chaux contenue dans le sang ou l'urine ; mais l'acide oxalique existant en très petite quantité seulement dans le corps, il trouve, par conséquent, plus de chaux qu'il ne lui en faut pour se transformer complétement en sel de cette base.

Dans certaines maladies, les urines laissent déposer un sédiment d'oxalate de chaux. Il paraîtrait que ce fait a lieu principalement dans les affections de l'organe respiratoire, à la suite de catarrhes fréquents ; mais souvent dans les affections tuberculeuses. Pendant la convalescence de maladies graves, comme le typhus, le malade rend une urine qui laisse déposer un peu d'oxalate de chaux, mélangé au mucus vésical ; dans les autres maladies, la présence de l'oxalate de chaux peut être constatée, mais pas d'une manière constante.

Il forme quelquefois à lui seul la totalité de certains calculs (calculs mûraux), ou encore des couches enveloppant un noyau d'acide urique. Quelquefois, mais rarement, il forme à lui seul ou concourt à former le sable vésical ou rénal ; plus rarement il forme des graviers. M. Magendie regarde ce fait comme tout à fait exceptionnel (1). C'est, après l'acide urique, le composé qu'on trouve le plus souvent comme formant le noyau des calculs. Dans quelques unes de ces concrétions ayant deux noyaux, l'un était d'oxalate calcaire, l'autre d'acide urique.

D'après ce que nous avons dit plus haut sur l'existence de ce principe à l'état normal chez le cheval, on ne sera pas étonné d'apprendre qu'on en trouve dans les calculs urinaires de cet animal, fait signalé par Ohme (2).

992. — Les conditions dans lesquelles se forme l'oxalate de chaux étant très variables, on n'a jamais pu constater quelle était sa quantité dans les humeurs, laquelle est aussi très variable.

L'oxalate de chaux se rencontre dans l'économie à l'état

(1) Magendie, *Rech. physiol. et méd. sur les causes, les symptômes et le traitement de la gravelle*. Paris, 1828, in-8°, 2e édition, p. 6. — *Dict. de méd. et de chir. prat.*, art. Gravelle, t. IX, p. 237.

(2) Ohme, *Anal. d'un calcul urin. de cheval* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCVIII, p. 287).

cristallin. La forme des cristaux est des plus nettes, mais ces cristaux sont très petits ; aussi pendant très longtemps ils ont échappé à l'observation.

Ce sont des octaèdres dérivant du type cubique, ainsi que le prouve leur propriété de rester sans couleur et éteints dans le champ du microscope muni de l'appareil polarisateur. Nous avons, en effet, constaté nombre de fois qu'il s'éteint complétement dans la lumière polarisée, propriété qu'il partage avec le sel marin ; mais nous verrons que son insolubilité dans l'eau le distingue facilement de ce sel dans les cas d'analyse des urines où l'on a ces deux principes en présence.

Ces octaèdres ont donc toutes leurs faces égales. Ils sont brillants, incolores, se laissent facilement traverser par la lumière ; très nettement limités, à arêtes vives (pl. VI, fig. 3). Ces cristaux prennent des aspects variés, ainsi que le remarque avec raison M. Donné (1), suivant la position dans laquelle ils se présentent à l'observateur. Leur transparence permettant de voir à la fois les angles inférieurs et les angles supérieurs, comme pour la plupart des cristaux qu'on examine au microscope, observés par réfraction, il en résulte des figures quelquefois bizarres dont on a quelque difficulté à se rendre compte quand on n'a pas l'habitude de ce genre d'observation. Mais en les faisant rouler par des courants de liquide, ou les renversant simplement par des mouvements de la lamelle de verre, on comprend facilement comment la lumière réfractée et réfléchie de diverses manières au niveau des arêtes, donnant des teintes plus foncées à celles-ci, peut leur faire figurer, suivant leur situation, soit une croix, soit un quadrilatère, un rhombe, etc. On peut voir les principaux de ces aspects dans la planche VI, figure 3, prise dans l'atlas de MM. Donné et Foucault.

Il est à remarquer qu'il est rare de trouver des formes cristallines aussi volumineuses. Avec un pouvoir amplifiant de 400 à 550 diamètres, on trouve rarement des cristaux plus volumineux que les formes *a*, *b*, *c* (pl. VI, fig. 3).

(1) Donné, *loc. cit.*, 1844, p. 247.

On trouve quelquefois les octaèdres d'oxalate de chaux aplatis (pl. VIII, fig. 4 *a*, *d*) ou allongés et étroits (*d*). Ce n'est que lorsqu'ils roulent entraînés par un courant de liquide que l'on peut bien apercevoir cet aplatissement. On en voit alors quelques uns dont les arêtes sont tronquées, remplacées par de petites facettes de décroissement (*d*). Les cristaux aplatis, lorsqu'ils sont vus en position inclinée, se présentent avec un aspect tel qu'ils ressemblent à un prisme allongé rectangulaire ; ils réfractent la lumière de manière à paraître très brillants et incolores au centre et d'un noir foncé à la périphérie (pl. VIII, fig. 4 *a*). Cette partie brillante du centre est régulièrement quadrilatère quand le cristal est en repos et ressort vivement à côté de la partie environnante qui est obscure. Dès qu'on vient à changer le cristal de position, on reconnaît les formes représentées en *d* ; ce qu'il est important de signaler, car on pourrait facilement se laisser aller à croire que c'est là une forme particulière. Ces cristaux réguliers ou irréguliers peuvent être groupés deux à deux (*c*). En même temps que ces octaèdres aplatis, on trouve quelquefois, mais très rarement, des amas cristallins d'oxalate de chaux (*e*, *i*, *k*, *l*). Lorsqu'ils existent, ils sont bien moins nombreux que les octaèdres. Ce sont des sphères à surface irrégulière grenue (*e*), qui quelquefois englobent plus ou moins complétement un ou deux octaèdres. Elles dépassent rarement en volume $0^{m},020$. Plus rarement encore on trouve des solides se rapprochant des formes en sablier (*i*, *k*, *l*), pouvant provenir ou de la déformation d'un cristal octaédrique aplati, allongé, ou de deux sphères réunies ensemble. Ces solides ont aussi leur surface irrégulière, et par suite leur contour également ; ils sont quelquefois un peu aplatis. L'un de nous a trouvé toutes ces formes réunies dans l'urine acide d'un malade rendant des urines troubles, surtout après avoir pris des excitants. Il souffrait des reins et prenait des aliments presque exclusivement de nature animale, bien que ne prenant pas d'exercice. Il y avait aussi dans son urine beaucoup d'acide hippurique déposé en amas cristallins après refroidissement (pl. XLIV).

993. — La présence de ce principe dans l'économie est toujours de courte durée et probablement accidentelle seulement. Ainsi M. Donné a montré que quelques cuillerées d'oseille suffisent pour produire dans l'urine des cristaux d'oxalate en moins de deux à trois heures. Par conséquent, il séjourne peu dans l'organisme animal, et il ne reste pas plus longtemps dans la vessie que l'urine, sauf les cas morbides où il constitue des calculs.

Ce principe passe alternativement par l'état liquide tant qu'il existe dans le sang, où il ne fait que passer, et par l'état solide qu'il prend dès qu'il arrive dans l'urine.

994. — Les couches et les calculs d'oxalate de chaux sont de tous les plus durs, surtout quand ils sont à l'état cristallisé. Cependant quelquefois alors, le calcul ou la couche se casse avec assez de facilité en fragments. Les calculs d'urine, du reste fort rares, sont plus durs cependant que les précédents.

L'oxalate de chaux peut présenter l'aspect cristallin avec une couleur blanche, quelquefois brillante quand il est pur, formant dans le tissu du rein des grains qui peuvent atteindre le volume d'une noisette. Cet aspect cristallin, plus ou moins brillant, s'offre aussi dans des graviers d'oxalate. Dans ce cas, les octaèdres sont quelquefois encore reconnaissables, mais ils sont aplatis, formant à la surface des concrétions des plaques ou lames carrées d'un brun pâle. Ces cristaux, plus ou moins larges, plus ou moins pâles ou demi-transparents, se voient dans quelques calculs. Berzelius en décrit de blancs ou d'un jaune clair. Quelquefois ces cristaux ou amas cristalloïdes, différemment colorés, comme nous venons de voir, ou même quelquefois parsemés de cristaux entièrement transparents, sont disposés comme s'ils formaient des rayons autour du centre du calcul. Souvent les calculs jaunâtres ou de couleur ardoisée sont entièrement formés de ce sel.

995. — Ce principe est souvent uni à de l'acide urique, de l'urate d'ammoniaque, du phosphate ou du carbonate de chaux, dans la substance des calculs. On a signalé aussi avec lui la

silice et l'oxalate de magnésie. Béclard (1) dit que quelquefois c'est de l'oxalate d'ammoniaque qui forme le noyau de certains calculs, dont les couches sont d'acide urique (2). Cette remarque n'a été ni vérifiée ni contredite encore.

Un fait important à signaler, c'est que toutes les fois que l'oxalate de chaux se précipite en amas un peu considérables, surtout cristalloïdes, dans un liquide contenant quelque substance organique, il s'unit à elle et l'entraîne avec lui. Les solides cristallins (pl. VIII, fig. 4) qui n'ont pas la forme régulière laissent, en effet, toujours une trame qui conserve la forme de solide lorsqu'on les dissout par l'acide chlorhydrique ou mieux par l'acide nitrique, qui, habituellement, se trouve suffisamment étendu par le liquide de la préparation microscopique. Ce sel entraîne également les matières colorantes, car cette trame qui reste dans les cas que nous venons d'indiquer est quelquefois brunâtre. Ainsi ce sel partage sous ce rapport les propriétés que présentent les carbonates de chaux, phosphate de soude et de chaux, phosphate ammoniaco-magnésien. Lorsqu'on dissout dans l'acide nitrique un peu étendu un calcul mûral, surtout de ceux qui sont très colorés en brun rougeâtre, etc., il reste une trame formée d'une substance organique dont la nature fibrineuse ou albumineuse, etc., n'est pas encore déterminée. Elle conserve toujours la couleur du calcul, bien qu'un peu moins foncée. Fourcroy (3) avait déjà remarqué que si l'on suspend le calcul à un fil pendant qu'il se dissout, la matière animale conserve la forme et la couleur du fragment; elle se gonfle, devient comme spongieuse et reste plus dense, plus abondante que la matière floconneuse laissée par les phosphates terreux traités de la même manière.

Ce principe est tellement peu soluble dans l'eau, que tout porte à croire que dans le sang, et aussi dans l'urine, la petite quantité qui s'y trouve à l'état liquide doit cet état à la présence

(1) Béclard, *Calcul vésical observé par M. Devergie* (*Arch. gén. de méd.*, 1825, t. VII, p. 466).

(2) Ségalas, *Essai sur la gravelle et la pierre*. Paris, 1838, in-8°, atlas, pl. II.

(3) Fourcroy, *Syst. des conn. chim.* Paris, t. X, an XI, in-8°, p. 230.

d'autres composés qui en favorisent la dissolution. On sait, en effet, que les cristaux de celui-ci sont insolubles dans l'eau froide et chaude, dans l'urine, même portée à l'ébullition. Par conséquent, dans le sang et l'urine, ce sel n'est pas à l'état liquide par dissolution directe. Il est en outre insoluble dans l'acide acétique, dans l'ammoniaque et l'acide nitrique trop affaiblis. Les précédents caractères et ceux-ci servent dans l'étude pratique à distinguer l'oxalate de chaux du sel marin qui cristallise quelquefois en octaèdres pendant l'évaporation. On ne peut différencier ces deux sels par l'emploi de la lumière polarisée, mais les caractères chimiques que nous venons d'indiquer sont très utiles à cet égard et très tranchés, vu la solubilité du sel marin.

Il serait difficile de dire avec quels autres principes celui-ci est combiné pour rester dans le sang à l'état de dissolution.

996. — Certaines substances peuvent déterminer la production de l'oxalate de chaux dans l'économie ; ainsi Woehler et Frerichs ont vu qu'il s'en produit en quantité notable chez le chien, après injection d'essence d'amandes amères dépourvue d'acide cyanhydrique. Après avoir injecté une dissolution d'urate d'ammoniaque dans les veines d'un chien, ils trouvèrent dans son urine, non pas des urates, mais des cristaux d'oxalate calcaire avec fort peu d'urate d'ammoniaque. On trouva ce même dépôt dans l'urine d'un homme qui, à l'intérieur, avait pris 4gram.,50 du même urate. En même temps il se forme plus d'urée que dans les conditions ordinaires (1).

Nous avons déjà vu qu'il suffit de prendre des aliments qui renferment une certaine quantité de ce principe pour en trouver quelques heures après dans l'urine. Ce sel vient donc ou du moins peut venir du dehors, et être introduit comme ceux de la première classe avec les aliments végétaux.

Mais il semble certain qu'il peut se produire, se former de toutes pièces dans l'économie. On ne peut pas affirmer d'une manière absolue le fait, parce que l'on n'est pas encore assez

(1) Woehler et Frerichs, *Modificat. que diverses subst. éprouvent en passant dans l'urine* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1848, t. LXIV, p. 60).

sûr de la nature réelle des sels des aliments dont nous faisons usage; mais son absence dans l'urine, dans certaines circonstances, et sa présence à d'autres époques sans que l'alimentation ait été changée, portent à penser qu'il peut se former dans l'organisme.

M. Donné fait remarquer que les enfants ont une tendance particulière à produire des graviers d'oxalate de chaux. Beaucoup de calculs vésicaux qui se forment dans le jeune âge ont pour centre un noyau de ce sel (1). On le trouve aussi quelquefois dans leur urine, sans qu'il y ait eu alimentation oxalique probable. M. Donné fait remarquer encore que l'oxalate de chaux se dépose en excès dans l'urine des adultes sans qu'on puisse attribuer cette production à l'usage de substances riches en acide oxalique ou oxalate. Le fait se présente presque constamment chez les individus atteints de pertes séminales. On ne sait à quoi l'attribuer, mais nombre d'observateurs ont pu le vérifier depuis que M. Donné l'a annoncé le premier. Nous avons pu le constater assez fréquemment. Ainsi lorsqu'on rencontre des cristaux de ce principe chez un individu qui n'a fait usage ni d'oseille ni d'autres substances végétales contenant des oxalates, on doit rechercher d'autre part s'il n'y a pas de perte séminale. L'oxalate de chaux, ainsi que nous l'avons vu, peut bien se rencontrer dans l'urine indépendamment de toute perte séminale, mais on peut affirmer qu'il existe presque constamment quand le liquide vésical contient du sperme.

C'est par l'urine exclusivement que ce principe est rejeté hors de l'économie.

997. — *Extraction.* Pour étudier ce principe immédiat dans les urines où l'on en soupçonne l'existence, il suffit de laisser reposer pendant quelques heures ce liquide dans un verre à pied, et de prendre par aspiration avec un tube ou une pipette une goutte du dépôt formé, ou du liquide du fond du vase, dans le cas où le dépôt est trop peu abondant pour être

(1) Ségalas, *Essai sur la gravelle et la pierre.* Paris, 1839, in-8° et atlas in-4°.

visible ; fait qui n'est pas rare. On examine ensuite au microscope, comme pour un dépôt quelconque. Les caractères de forme et les caractères chimiques des cristaux permettent de déterminer rapidement la nature du principe. Il est nécessaire d'être prévenu que les cristaux étant souvent très petits, il faut employer ordinairement un pouvoir amplifiant de cinq cents diamètres pour le bien observer. Autrement ils apparaissent comme un point clair, brillant, quadrilatère, dont les faces sont difficiles à bien voir, et même si l'on n'est prévenu de la possibilité de les rencontrer, ils peuvent échapper à l'observation.

Ceux que nous représentons pl. VI, fig. 2, sont pris d'une urine rendue trente heures après avoir mangé de l'oseille. Ils s'étaient déposés en assez grande quantité pendant l'évaporation de ce liquide et étaient fort gros, car ils ne sont amplifiés que deux cent cinquante fois ; néanmoins avec les plus volumineux il s'en trouvait beaucoup de très petits. Les uns et les autres forment quelquefois des groupes de cinq à six cristaux soudés ensemble. Lorsqu'ils se déposent dans l'urine encore chaude qu'on évapore aussitôt qu'elle a été rejetée, les bords ne sont pas aussi nets que lorsqu'ils cristallisent spontanément ; leur surface est rugueuse, aussi leur transparence est également moindre que dans le premier cas.

Chez le cheval, les cristaux d'oxalate se déposent spontanément avec le carbonate de chaux et le phosphate ammoniaco-magnésien ; il est difficile de les distinguer au milieu de nombreux groupes de carbonate qui les cachent. Lorsqu'on les a isolés, ils se présentent avec l'aspect de ceux représentés pl. VI, fig. 3. Du reste, leur existence n'est pas constante et dépend probablement de la nature des fourrages.

998. — *Historique*. Bergmann paraît être le premier qui ait signalé l'existence de ce principe dans l'économie animale. Ce fut dans des analyses de calculs du rein qu'il en trouva. C'est la présence de l'acide oxalique qu'il indique, mais sans dire avec quelle base il est combiné (1). Peu après, Brugnatelli indiqua la présence d'un acide analogue à l'acide oxalique, qui, dans les sédiments de l'urine, se trouverait combiné à la chaux (2). Fourcroy trouva de l'oxalate de chaux dans le dépôt de l'urine d'un enfant tourmenté par des vers (3).

Wollaston fit voir le premier que les calculs mûraux sont essentiellement formés d'oxalate de chaux (4). Bartholdi en trouva aussi, mais en petite quantité, dans un calcul vésical (5). Fourcroy et Vauquelin en trou-

(1) Bergmann, *Dissertatio de acido sacchari*, 1781, in-8°, § I.

(2) Brugnatelli, *Journ. de chim. de Crell*, 1787, t. II, p. 100.

(3) Fourcroy, *Syst. des conn. chim.* Paris, in-8°, t. X, an IX, p. 177.

(4) Wollaston, *Transact. philosoph.*, 1797.

(5) Bartholdi, *Sur un calcul urinaire de cochon*, etc. (*Ann. de chim.* 1799, t. XXXII, p. 187).

vèrent dans un grand nombre de calculs (1). Brandes en a également trouvé (2), ainsi que Vauquelin (3) et Gaultier de Claubry (4). M. Lassaigne en a trouvé dans les hippomanes de l'eau de l'allantoïde de la vache (5). MM. Martres et B. Prévost ont vu de l'oxalate de chaux dans des concrétions rendues par l'urètre, lesquelles étaient lisses et n'avaient pas l'aspect des calculs mûraux (6). M. Lassaigne a observé que les graviers de la gravelle du chien sont en grande partie constitués par de l'oxalate de chaux, d'un peu de phosphate de cette base et beaucoup de matière animale (7). D'après Walshe on trouve 28 fois sur 100 de l'oxalate de chaux dans l'urine d'homme, et 33 sur 100 chez la femme; leur quantité dans les pertes séminales n'est jamais en rapport avec la quantité de sperme rendue (8). Hopff a trouvé l'oxalate de chaux dans divers calculs vésicaux avec de l'acide urique, de l'urate d'ammoniaque, etc. (9). M. Bouchardat a également trouvé l'oxalate de chaux dans des calculs urinaires humains, soit uni à du carbonate de chaux, soit pur et cristallisé, transparent (10). M. Farreau en a également trouvé qui était cristallisé et recouvrait la surface d'un calcul (11). Golding Bird (12) a donné le nom d'*oxalurie* (*oxalate of lime diathesis*) au fait de l'expulsion d'une grande quantité d'oxalate de chaux. Les malades présentent tous une grande dépression nerveuse; l'aspect général du malade est celui de ceux qui sont atteints de perte séminale; souvent il y a des névralgies, sécheresse de la peau, troubles des fonctions de la digestion. Il y a, en un mot, tous ces sym-

(1) Fourcroy et Vauquelin, *Sur l'analyse des calculs urinaires humains* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXII, p. 213).

(2) Brandes, *Transact. philosoph.*, 1808.

(3) Vauquelin, *Questions sur la formation des bézoards intestinaux* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXIII, p. 138).

(4) Gaultier de Claubry, *Note sur les calculs formés dans les reins* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1815, t. XCIII, p. 67).

(5) Lassaigne, *Anal. des hippomanes trouvés dans l'allantoïde de la vache* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1819, t. X, p. 200).

(6) Martres et B. Prévost, *Sur des concrét. vésicales d'oxalate de chaux qui ne sont pas mûrales* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1817, t. VI, p. 221).

(7) Lassaigne, *Examen chim. de petits calculs trouvés dans le canal de l'urètre du chien* (*Journ. de chim. méd.*, 1828, t. V, p. 633).

(8) Walshe, *Oxalate de chaux dans l'urine* (*Journ. de chim. méd.*, 1849, t. V, p. 230).

(9) Hopff, *Anal. chim. de quelques calculs vésicaux* (*Journ. de pharm.*, 1831, t. XVII, p. 406).

(10) Bouchardat, *Analyse de calculs* (*Journ. de pharm.*, 1836, t. XXII, p. 53).

(11) Farreau, *Examen de cristaux observés à la surface de deux calculs urinaires* (*Journ. de pharm.*, 1836, t. XXII, p. 618).

(12) Golding Bird, *Revue médico-chirurg.*, in-8°, 1848, Paris.

ptômes généraux qu'on observe sur les malades chez lesquels l'expulsion de sucre ou d'acide hippurique par les urines est simplement un des signes qui montrent que par suite de quelque cause ayant agi lentement ou sur le tube digestif, ou sur tous les appareils à la fois (mauvaises conditions hygiéniques), l'acte de nutrition s'opère mal; ce qui se manifeste et par ces troubles généraux et par un changement survenu dans la nature des principes rejetés par le rein. Si, en effet, l'appareil digestif introduit, l'appareil urinaire rejette, et l'on peut juger approximativement, d'après ce que celui-ci rejette, ce qui s'est passé dans l'intervalle. On peut, d'après la différence qui sépare des principes normaux les principes rejetés, pathologiquement apprécier l'intensité des changements survenus dans l'état ordinaire de l'acte. Mais on ne saurait considérer comme très rationnelle une dénomination qui choisit un principe à l'exclusion des autres, qui tous présentent quelque modification de quantité en plus ou en moins, surtout lorsqu'il s'agit d'un principe qui, introduit avec l'oseille ou les tomates (*Solanum lycopersicum*, L.), se retrouve dans l'urine en plus ou moins grande proportion, selon la quantité de ces substances qui a été introduite. Frick décrit également (1) cette *diathèse d'oxalate de chaux*. Il remarque que l'urée et les phosphates augmentent de quantité, et que l'acide urique manque. Il réapparaît quand l'oxalate disparaît; pendant quelque temps il y a alternance entre la présence et l'absence de ces deux principes selon les différentes heures de la journée. L'oxalate reste en suspension dans l'urine ou contre les parois du vase, et ne se réunit pas de manière à former dépôt. Tous les malades qui présentent cette augmentation de quantité d'oxalate étaient ou avaient été sous l'influence de quelque forme de dyspepsie. Les symptômes qu'on observe en même temps que l'oxalate passe dans les urines sont presque innombrables. Outre ceux que présente le tube digestif, les plus frappants sont ceux qui affectent le système nerveux (névralgie, hébétement, dépression de l'activité cérébrale, affaiblissement de la vue). Il n'y a pas de trouble du côté de l'appareil urinaire. L'acide nitro-muriatique à la dose de 4 à 10 gouttes trois fois par jour, combiné à quelque infusion de camomille, de gentiane, de houblon, l'exercice, les bains, une bonne nourriture, finissent par faire disparaître les accidents. M. Bouchardat, qui adopte le mot *oxalurie* (2), dit en avoir observé *quelques* cas (p. 157) qui coïncidaient avec un goût décidé pour l'oseille et les tomates. La suppression des aliments contenant de l'acide oxalique a suffi pour produire une notable amélioration. Plus loin il dit n'avoir observé qu'*un seul* cas d'*oxalurie* (p. 303); l'affaiblissement de la vue a pu être constaté tel que l'indique Frick.

(1) FRICK, *On renal affections*. Philadelphia, 1850, in-8°, p. 151.

(2) BOUCHARDAT, *Annuaire de thérapeutique*. Paris, 1850, in-32, p. 157 et 302.

Golding Bird (1) paraît être le premier qui ait observé que l'oxalate de chaux pouvait prendre la forme de sablier à têtes arrondies (*dumb-bell cristals*). Hassal (2) pense que d'autres oxalates et le sulfate de soude peuvent prendre des formes analogues. Marvis Wilson (3) pense que cette forme peut être produite par des modifications de l'acide urique. Il l'a rencontrée aussi dans diverses solutions salines d'origine organique et inorganique. C'est probablement à l'oxalate de chaux qu'il faut rapporter l'acide oxalique indiqué par Garrod dans le sang des calculeux (4). Simon (5) a trouvé aussi l'oxalate de chaux dans l'urine des enfants rachitiques et scrofuleux. Lehmann l'a signalé le premier comme existant en même temps que le carbonate de chaux dans l'urine des herbivores (6), ainsi que dans l'urine des convalescents de fièvres typhoïdes (7). Hœfle l'a également trouvé dans l'urine des herbivores et chez les tuberculeux (8). MM. Donné (9) et Rayer (10) ont publié les meilleures figures de ce sel, parmi lesquelles il faut citer celles que nous avons copiées dans l'atlas de MM. Donné et Foucault (11). Les figures de MM. Rayer et Donné ont été reproduites dans nombre d'ouvrages, dont il est inutile de faire mention parce qu'ils ne renferment rien d'original. Harting en a donné des figures originales (12). Frick a figuré et décrit toutes les formes que nous avons représentées pl. VIII, fig. 4 ; il remarque aussi que les aspects figurés en *a* sont très rares et ne se présentent que lorsque les cristaux sont très aplatis. La figure qu'il donne, gravée sur bois, ne rend pas très exactement cet aspect, bien qu'il soit reconnaissable (13). M. le professeur Hugues Bennett a donné des figures sur bois des formes régulières et des cristaux en

(1) Golding Bird, *loc. cit.*, 1848.
(2) Hassal, *The Lancett*. London, 1850, p. 177.
(3) Marvis Wilson, *The Lancett*. London, 1850, p. 446.
(4) Garrod, *Jahrbuecher von Schmidt*, 1850, t. VI, p. 53.
(5) Simon, *Beitræge zur physiol. und pathologischen Chemie und Mikroscopie*. Berlin, 1843.
(6) Lehmann, dans *Handwœrterbuch der physiol.*, von R. Wagner. Braunschweig, 1844, t. II, p. 6, art. Harn.
(7) Lehmann, *Lehrbuch der physiolog. Chemie*. Leipzig, 1850, 2e édit., t. I, p. 49.
(8) Hoefle, *Chemie und Mikroskop am Krankenb*. Erlangen, 1848, in-8°, p. 176 et 395.
(9) Donné, *Tableau des sédiments des urines*. Paris, 1838, in-fol. — *Cours de microscopie*, 1844, in-8°, p. 216.
(10) Rayer, *Maladies des reins*. Paris, 1839, t. I, in-8°, pl. III.
(11) Donné et Foucault, *Atlas du Cours de microscopie*. Paris, in-fol., 1845, fig. 51.
(12) Harting, *loc. cit.*, 1848, pl. II, fig. 61.
(13) Frick, *Renal affections*. Philadelphia, 1850, in-8°, p. 74, fig. 6.

sablier (1). Il a été figuré par M. Raspail, mais d'après des cristaux pris dans les plantes et qui s'éloignent de ceux qui se forment dans l'urine de l'homme, etc. (2).

CHAPITRE XXXVII.

ACIDE URIQUE.

Synonymie : $C^5H^1Az^2O^2$. HO. *Acide lithique* (Schèele); *oxyde uriquc* (Pearson); *acide des calculs, acide calculeux, acide ourique* (Fourcroy); *acide bézoardique* (nom donné par Guyton de Morveau dans la 1re édit. de l'*Encyclopédie méthodique*, d'après l'expression *bézoard* employée pour désigner les calculs); *acide lithiasique* (Guyton de Morveau, de *lithiasis* affection calculeuse (3); *acide urique* (Fourcroy et Vauquelin); *acide lithénique* (4).

999. — Le principe dont nous allons parler n'est pas l'acide urique combiné aux bases et pouvant facilement en être séparé et précipité; c'est de l'acide urique libre qu'il va être question. Cette distinction est importante à établir parce que, dans tous les ouvrages qui traitent de l'urine ou bien dans lesquels il est question de cet acide, on en parle, non pas au point de vue anatomique, mais au point de vue chimique; c'est-à-dire qu'il est question à la fois de l'acide combiné aux bases, dont on l'a séparé préalablement, et l'acide urique libre, existant comme tel dans l'économie. Ces deux ordres de questions sont partout confondues, et néanmoins il est très important de les traiter séparément, de les bien distinguer. En un mot, il importe de traiter d'une part de l'acide urique, et de l'autre des urates, considérés comme sels et non comme soude, ammoniaque d'un côté, et comme acide urique de l'autre.

(1) H. Bennett, *Lectures on clinical medicine*. Edinburgh, 1851, in-8°, p. 221, fig. 100.

(2) Raspail, *Nouveau syst. de chim. organ.* Paris, 1838, 2e édit.; atlas, pl. VIII, fig. 7 et 8, et pl. XVII, fig. 8, 9 et 10.

(3) Guyton de Morveau, *Encyclopédie méthodique*, in-4°. Paris, 1786, p. 407. — *Chimie*, t. I, article *Acide*.

(4) Berzelius, *Rapp. ann. sur les progrès de la chim.*, présenté le 31 mars 1843 à l'Académie des sciences de Stockholm. Paris, 1844, trad. fr., in-8°, p. 368, 369 et 373.

Ainsi, il faut donc bien savoir que la plus grande partie de ce qui a été dit de l'acide urique doit être rapporté à l'histoire des divers urates, depuis sa quantité jusqu'à sa formation. Car si, lors de la formation de ces divers sels, l'acide provient des *substances organiques* et si la base est empruntée aux principes d'origine minérale, il est certain que l'acide n'est jamais libre dans l'économie, sauf à partir des tubes du rein en dehors des vaisseaux sanguins, et dans ceux-ci on ne trouve que les urates. Donc, ce sont des urates qui se forment en même temps et au fur et à mesure qu'apparaît l'acide; aussitôt formé, il est uni à une portion de la base d'un sel minéral. Du reste, tout ce qu'on sait de la formation des principes dans l'organisme montre que la présence des sels d'origine minérale qui abandonnent la base est une condition de cette formation; et si, dans l'étude de celle-ci, on examine quelquefois séparément la formation de l'acide d'origine organique et la manière dont il s'unit aux bases, c'est pour plus de netteté dans l'exposé.

Si donc ce chapitre est étendu : 1° c'est parce que l'acide urique, bien que n'existant qu'accidentellement ou pathologiquement dans l'appareil urinaire, l'importance de cet appareil en donne beaucoup aussi à l'examen de ce principe; 2° c'est parce que, pour ne pas rompre trop brusquement (ce qui empêcherait d'être bien compris) avec les habitudes de l'époque, nous avons discuté, chemin faisant, des opinions qui doivent être abandonnées, ce que nous n'avons pas fait lorsqu'il s'agissait de principes moins importants que celui-ci.

1000. — L'acide urique existe accidentellement dans l'urine de l'homme, des carnivores, des omnivores et dans les concrétions urinaires.

Il forme à lui seul le plus grand nombre de celles-ci. Sur 109 graviers, MM. Lecanu et Ségalas en ont trouvé 79 d'acide urique presque pur (1). D'autres fois, il forme des cou-

(1) Lecanu, *Nouvelles recherches sur l'urine* (*Mém. de l'Acad. de médecine*, Paris, 1840, t. VIII, in-4°, p. 676). — Ségalas, *Essai sur la gravelle et la pierre*. Paris, 1838, 2e édit., in-8°, p. 59, et atlas in-fol.

ches enveloppant un noyau d'oxalate de chaux. Dans d'autres cas, il forme le noyau des graviers ou des calculs; les noyaux des calculs de la vessie sont plus ordinairement formés d'acide urique presque pur que par d'autres principes. Un cas très fréquent, c'est de trouver l'acide urique recouvrant l'oxalate de chaux, ou l'oxalate recouvrant un noyau d'acide urique; mais il n'est pas exact de dire avec Smith que l'oxalate de chaux est toujours recouvert par l'acide urique. Il forme fréquemment à lui seul ou en grande partie le sable vésical. Souvent alors son état cristallin le fait facilement reconnaître.

La présence de l'acide urique dans l'urine des herbivores qu'on fait jeûner a été indiquée par M. Cl. Bernard. Woehler dit également en avoir trouvé dans l'urine des veaux de trois à quatre semaines (1), non sevrés, laquelle est acide et contient aussi de l'urée. Mais ce sont des urates, et non de l'acide urique, qui se trouvent dans ce liquide.

Brucke (2) et Fownes (3) prétendent que la couche grisâtre, mince, qui dépose contre les parois du vase dans lequel on évapore l'urine des bêtes à cornes est de l'acide urique. De l'acide urique aurait même été trouvé dans des calculs biliaires par Stoeckhardt (4) et par Marchand (5).

1001.— On a très fréquemment occasion de l'observer cristallisé, soit dans certaines circonstances accidentelles qu'on ne peut pas considérer comme tout à fait morbides, soit dans des cas de maladies, comme la goutte, le rhumatisme articulaire, surtout au début, avant l'emploi des saignées abondantes et dans beaucoup de maladies inflammatoires avec fièvre (6); il se dépose alors par suite du repos plus ou moins prolongé de l'urine. Leh-

(1) WOEHLER, *Présence de l'allantoïde dans l'urine de veau* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXX, p. 229).

(2) BRUCKE, *Journal für praktische Chemie*, 1842, t. XXV, p. 254.

(3) FOWNES, *Philosophical Magazine*, 1842, t. XXI, p. 383.

(4) STOECKHARDT, *De cholelithis dissert. inauguralis.* Lipsiæ, in-8°, 1832.

(5) MARCHAND, *Journal für prakt. Chemie*, 1837, t. XXV, p. 39.

(6) TICHY, *Dissertatio de arenulis in lotio apparentibus, ut infallibili salutaris morborum eventus signo prognostico.* Prague, 1774.

mann pense que, dans un grand nombre de ces cas, l'acide qui se dépose du jour au lendemain est trop abondant pour avoir été formé en dissolution comme acide urique, et qu'il provient de l'urate de soude normal qui a été décomposé par l'acide lactique, qui se forme lorsque l'urine, exposée à l'air, subit cette catalyse lactique décrite par Scherer, et dont nous avons parlé. Ces urines (urines fébriles surtout), alors, ne différeraient des autres que par la proportion plus grande du sel qui fournit l'acide urique. Ce qui tend à prouver qu'il en est ainsi, c'est que, une fois formés dans l'urine, les cristaux d'acide ne peuvent plus se dissoudre totalement quand on porte ce liquide à la température du corps et même à 45 degrés. L'acide urique n'est rejeté directement de la vessie à l'état cristallin que dans la gravelle urique, maladie caractérisée anatomiquement seulement par la présence de cet acide.

Ainsi donc, il n'est pas exact de dire avec la plupart des chimistes que ce principe se précipite ordinairement de l'urine par refroidissement.

Les circonstances accidentelles dans lesquelles on trouve l'acide cristallisé, chez les individus bien portants, sont l'emploi des substances excitantes, comme le café noir, chez les individus qui n'y sont pas habitués, ou pris très fort et en quantité plus grande qu'à l'ordinaire chez les personnes qui en font habituellement usage. Du reste, sa production dans ces cas-là n'est pas constante et n'a pas lieu sur tous les sujets. Après avoir bu du vin de Champagne ou d'autres vins mousseux, on voit cristalliser l'acide urique par le refroidissement. Outre les affections dans lesquelles on trouve à peu près constamment ce principe, il est diverses affections des reins dans lesquelles on le rencontre. Il n'est pas rare d'en trouver au milieu du dépôt de pus qui accompagne la néphrite et la pyélite chroniques. Dans un cas où coexistaient ces deux affections, il y avait, outre ces deux substances, des cristaux d'oxalate de chaux.

Barruel croyait que, dans l'urine des diabétiques, il n'y avait

pas d'acide urique (1), mais M. Rayer a montré, au contraire, que quelquefois cet acide se déposait spontanément dans les urines de cette sorte (2). Ce savant a plusieurs fois fait vérifier cette observation dans le sein de la Société de biologie.

1002. — L'acide urique se précipite toujours en cristaux assez bien formés, souvent visibles à l'œil nu ou à la loupe, mais dont la forme ne peut être bien étudiée qu'à l'aide du microscope. Dans le cas de gravelle cependant, les gros cristaux ou les groupes cristallins sont trop volumineux et opaques pour être observés au microscope, alors la loupe suffit et devient préférable.

Les paillettes cristallines se voient à la surface du liquide et au fond du vase, mais la plupart sont adhérentes aux parois. Placées sous le microscope (avec un grossissement de 300 diamètres environ quand ils ne sont pas visibles à l'œil nu et qu'on ne fait que soupçonner leur existence, avec un grossissement de 50 à 200, quand ils sont déjà appréciables à la vue simple), on constate qu'ils cristallisent en lames rhomboïdales ou même en rhomboèdres (pl. XI et XII.)

Le plus souvent les cristaux d'acide urique se présentent sous forme de belles lames rhomboïdales, d'un jaune brun comme la gomme laque. Habituellement elles sont très minces, transparentes (pl. XIII, fig. 1, *a*, *c*), et ce n'est que sous certaines incidences de la lumière sur les faces latérales, vues un peu obliquement ou au niveau des croisements des cristaux, que cette teinte foncée est nettement déterminable (pl. XIII, fig. 1, *a*, *b*). Quand les cristaux sont un peu épais, on peut observer cette teinte sur les larges faces et en déterminer encore mieux la nature que sur les faces latérales qui sont trop noirâtres (pl. XI, fig. 2). Quelquefois les cristaux ont une teinte d'un jaune rougeâtre ou jaune d'or (comme on le voit pl. XII). Les faces latérales, vues obliquement, et les groupes de ces cristaux prennent alors la couleur de la *terre de Sienne brûlée*, mais un peu foncée et noirâtre. Enfin, quel-

(1) BARRUEL, *Journ. de chim. méd.*, 1829, t. V, p. 15.
(2) RAYER, journal l'*Expérience*. Paris, 1838, t. I, p. 640.

quefois il y a des cristaux déposés ainsi qui sont presque incolores. Ce fait est assez rare; il s'observe surtout dans les urines, où peu de cristaux se déposent et où ils sont de petit volume.

Les lames rhomboïdales d'acide urique ont généralement leurs angles un peu arrondis, surtout les angles obtus, en sorte que, dans certains cas, elles sont presque ovales (pl. XIII, fig. 1, *a*, *c*). L'angle obtus est quelquefois remplacé par un angle rentrant (pl. XI, fig. 1, *g*), soit qu'il y ait là une variété ou déformation particulière, soit qu'il y ait groupement de deux cristaux soudés par leurs angles aigus (comme pl. XI, fig. 1, *f*, et fig. 2, *d*, pl. XII, *m*). Souvent lorsque ces lamelles sont vues directement par une de leurs larges faces, leur forme rhomboïdale apparaît nettement, et à leur transparence on les croirait très minces ; mais si elles sont un peu inclinées, on aperçoit leurs faces latérales qui montrent qu'ordinairement elles sont assez épaisses. Cette épaisseur se voit d'une manière bien plus nette encore quand elles sont placées tout à fait de champ (pl. XI, fig. 2, *c*). Vues ainsi par leur bord, ces lames prennent, comme on le voit, un aspect prismatique; ou si les lames sont très courtes, elles ne forment alors qu'un quadrilatère (pl. XI, fig. 1, *h*, *h*). On se fait rapidement une idée très nette de la conformation de ces solides quand on les aperçoit inclinés ou de trois quarts (comme pl. XI, fig. 2, *a*, *h*, *i*).

Les cristaux isolés sont rarement les plus nombreux. Ils sont ordinairement groupés plusieurs ensemble, soit deux à deux par leurs angles aigus (pl. XI, fig. 1, *f*; fig. 2, *d*), ou par leurs angles obtus (pl. XI, fig. 1, *e*), ou par leurs bords (pl. XI, fig. 1, *c*, et pl. XIII, fig. 1, *a*). Trois ou quatre cristaux peuvent ainsi se réunir par leurs angles aigus (pl. XI, fig. 2, *e*) ou se placer en croix de diverses manières (pl. XI, fig. 1, *b*, *d*; fig. 2, *i*); enfin il peut se former des groupements bien plus compliqués : dans quelques uns les cristaux s'appliquent l'un à l'autre par leurs faces, pouvant alors s'entrecroiser de diverses manières (pl. XI, fig. 2, *g* ; pl. XIII, fig. 1, *b*), ou

tous dans la même direction (pl. XI, fig. 2, *h*). Quelquefois surtout, quand les lamelles sont petites et que l'urine a reposé plusieurs heures, on les trouve réunies en amas volumineux représentant des plaques ou des séries longitudinales ramifiées ou non (comme pl. XII, *f*). Ces plaques sont toujours accompagnées de cristaux isolés ou autrement réunis.

Le mode de groupement le plus commun des lames d'acide urique est peut-être le groupement en rosaces. Celles-ci peuvent varier à l'infini dans leurs dispositions; mais on peut les rattacher pour la description à trois formes principales. Tantôt ce sont des rosaces formées par groupement de cristaux groupés régulièrement ou irrégulièrement par leurs faces (pl. XI, fig. 2, *f*; pl. XIII, fig. 1, *b*). D'autres fois les lames sont unies par leurs extrémités, de telle sorte qu'elles tournent leurs bords vers l'œil de l'observateur. Alors on ne reconnaît pas tout de suite la forme primitive; mais en faisant mouvoir ces groupes ou les abaissant sous la plaque de verre, on reconnaît qu'ils sont composés de lames rhomboïdales de différentes grandeurs, placées de champ et convergeant vers un centre commun. Ce sont là les groupes qu'on appelle *rosaces stelliformes*, parce qu'ils se rapprochent plus ou moins de la forme d'une étoile (pl. XIII, fig. 1, *f*, *g*, *h*).

Ces groupes et tous les précédents sont souvent de la plus grande élégance. Enfin, il est une troisième forme de rosaces qui ne diffère de la précédente que par plus de régularité dans le groupement des lamelles et par leur union dans toute leur étendue, de telle sorte que ces rosaces représentent une sphère plus ou moins complète formée de cristaux irradiés autour d'un centre (pl. XI, fig. 2, *h*, *k*).

On trouve quelquefois, mais assez rarement, dans quelques dépôts morbides, ces groupements sphériques formés par de petites lamelles rhomboïdales soudées par leurs larges faces et s'irradiant autour d'un centre. Quand elles existent, ces sphères sont très nombreuses dans le dépôt. Les unes sont isolées et plus grosses (pl. XII, *c*, *d*), les autres sont réunies en amas ou en série, et généralement sont plus petites

(pl. XII, *e*). Leur périphérie est dentelée par suite de la saillie extérieure de l'angle aigu des lamelles les plus extérieures. Ces masses sont généralement de teinte rouge brun ou jaunâtre assez foncé, et l'on ne voit pas toujours nettement la forme des cristaux qui les constituent. En brisant les sphères, on voit que les cristaux intérieurs sont plus ou moins soudés ensemble et par suite déformés.

Il existe aussi des groupements d'aiguilles irradiées d'acide urique, mais ils sont très rares ; on les trouve habituellement adhérents à l'un des angles ou aux faces d'une lamelle ayant la conformation ordinaire (pl. XII, *b*).

Enfin on trouve certains dépôts morbides dans lesquels il existe des cristaux d'acide urique tout à fait réguliers. Il est très rare de rencontrer des cristaux ayant ainsi la forme type sans déformation, mais quand ils existent ils sont habituellement nombreux : ce sont des rhomboèdres quelquefois tout à fait réguliers (pl. XII, *a*, *a*) ; ils sont plus rares que les autres ; plus généralement ils sont aplatis (*k*) et tendent à prendre la forme de lamelles, dont quelquefois l'angle aigu est tronqué (*l*). Les rhomboèdres peuvent être allongés en prismes obliques à base rhomboïdale (*i*, *i*).

Telles sont les particularités de forme que présente l'acide urique qu'on trouve spontanément cristallisé, soit dans les urines d'individus bien portants, soit dans différentes conditions pathologiques.

1003. — L'acide urique libre ne commence à apparaître qu'après la formation des organes urinaires, et probablement assez longtemps après. Ce n'est en effet qu'après la première enfance qu'on a trouvé de cet acide dans les urines ; nous parlons ici de l'acide libre et non des urates.

Non seulement il n'existe pas pendant la durée totale de la vie, mais encore sa présence dans l'urine offre des intermittences. En effet, nous avons vu qu'il ne se dépose spontanément que dans certains cas (page 366), et que même il n'est pas prouvé que toujours cet acide existât comme tel dans l'urine avant le refroidissement, pendant lequel a pu s'opérer la

formation d'acide lactique. Nous avons cependant trouvé de l'acide urique libre, cristallisé, dans le résidu d'évaporation encore chaude d'urine dans un cas (pl. XI, fig. 1). Ainsi, la présence de l'acide urique dans l'urine n'est donc que temporaire. Toutes les fois même qu'elle se manifeste pendant longtemps, elle indique une maladie du rein ou une affection générale qui tôt ou tard se manifestera par des signes physiologiques, tels que la douleur, etc., quand ceux-ci ne se montrent pas en même temps ou avant le signe anatomique, avant le dépôt dans l'urine d'acide cristallisé.

Le séjour de cet acide à l'état solide dans la vessie ou les reins, de même que celui de l'oxalate de chaux, etc., constitue une lésion de l'organisme de l'ordre le plus simple qui se manifeste par des signes physiologiques de l'ordre le plus simple aussi, c'est-à-dire par un simple obstacle à l'écoulement des liquides ; mais ces dépôts et cet arrêt de l'écoulement de l'urine deviennent rapidement la cause d'autres lésions dont les symptômes s'ajoutent aux premiers et les compliquent.

1004. — La quantité en poids d'acide urique qui existe dans l'urine, quand il y en a, est très minime et ne peut être déterminée d'une manière précise. On sait qu'il faut 1720 parties d'eau à 15 degrés pour dissoudre une partie d'acide urique, et 1150 parties d'eau bouillante. Rien ne prouve, jusqu'à présent, que l'urine en puisse dissoudre plus que l'eau, en sorte que lorsqu'il en existe réellement à l'état libre dans l'urine encore chaude, ce qui est rare, ainsi que nous l'avons dit, il n'en peut exister guère plus de 1/1500e, et lorsqu'il y en a plus il se dépose à l'état solide. Sa proportion est bien moindre déjà que 1/1000e, quantité donnée par Williams Henry (1) et adoptée par beaucoup d'auteurs. Il est probable qu'elle n'atteint pas 1/2000e ou environ.

Cette trop grande élévation du chiffre tient à ce que tous les auteurs, voulant arriver à donner des analyses quantita-

(1) W. Henry, *De acido urico et morbis a nimia ejus secretione ortis.* Edinburgh, 1807, in-8°.

tives avec des chiffres précis et presque absolus, ont déterminé à la fois la quantité de l'acide qui peut être libre et celle de l'acide combiné à des bases et se trouve à l'état de sels. Aussi voit-on M. Becquerel dire qu'il y a 0,398 à 0,526 pour 1000 d'acide urique dans l'urine (1), et Lehmann indique qu'avec une nourriture mixte on trouve 1gram.,10 en vingt-quatre heures d'acide urique dans l'urine, 1gram.,40 avec une nourriture animale, et 1 gramme avec une nourriture végétale (2). Ceci veut dire seulement qu'il y a dans l'urine une proportion d'*urates* telle, qu'on peut *en retirer* une quantité d'acide qui s'élève au millième de la masse totale du liquide.

Il faut conclure aussi de ces faits que la réaction acide de l'urine ne peut pas être due à l'acide urique, et que s'il y concourt quand il existe, c'est pour une part très minime, vu sa petite quantité et parce qu'il rougit à peine le tournesol. Ce n'est pas non plus, par conséquent, aux variations de sa quantité dans l'urine qu'il faut attribuer le plus ou le moins d'acidité normale ou morbide de cette humeur ou son retour après qu'elle a été alcaline.

Tous ces calculs nous ont seulement conduits à savoir nous contenter de chiffres approximatifs, ne pouvant être précisés d'une manière absolue. Sachant que la présence de ce principe n'est pas constante, que sa quantité peut varier souvent, sinon beaucoup, c'est donc l'analyse qualitative réelle, mais relative, qui doit être préférée à l'analyse quantitative; puisque celle-ci nous donne des notions absolues, mais illusoires : illusoires, car elles portent sur une chose qui n'existe pas à l'état auquel les chiffres font allusion. Nous savons que cette quantité ne peut guère dépasser 1/1500e sans qu'il y ait précipité de l'excédant; il vaut mieux, par conséquent, nous assurer simplement de l'absence ou de la présence réelle que de chercher à déterminer une quantité si petite, surtout quand les procédés pour le faire manquent d'une précision convenable.

(1) Becquerel, *Séméiotique des urines*. Paris, 1841, in-8°, p. 48.

(2) Lehmann, *Lehrbuch der physiol. Chemie*, 1850, in-8°, t. I, p. 218.

1005. — L'acide urique peut se présenter dans l'urine, soit à l'état liquide, soit à l'état solide, ou mieux il présente généralement l'un, puis l'autre de ces deux états, successivement.

Il est à l'état liquide par dissolution directe comme dans l'eau, ou du moins aucun fait ne montre que quelque principe de l'urine vienne faciliter la dissolution de l'acide urique en quantité plus grande que l'eau n'en peut prendre, pour le laisser ensuite déposer à l'état d'acide libre par évaporation.

Liebig, il est vrai, admet bien (1) que le phosphate de soude $PhO^5 2 (NaOHO) + 24 HO$ dissout l'acide urique, mais il est à remarquer que c'est de l'urate de soude qui se forme dans ce cas et reste dissous. Ce qui le montre, c'est que Heintz (2) a vu que l'*acide urique* peut se dissoudre en quantité notable quand on en jette dans de l'urine bouillante et privée par filtration de tout dépôt d'urates alcalins. Par refroidissement, il se dépose une poussière amorphe qui n'est pas de l'acide urique, mais principalement un urate alcalin. On peut, sur la même urine, obtenir jusqu'à trois fois ce dépôt pulvérulent non cristallisé. Ainsi, en se dissolvant, l'acide urique a donc cessé d'être acide urique et est devenu un urate de soude ou d'ammoniaque, et a fait passer les phosphates à l'état de sels acides. Par suite, on ne saurait dire que l'acide urique se dissout dans les phosphates ou autres sels à bases alcalines.

La dissolution d'acide urique pur est incolore. L'un de nous a trouvé des cristaux d'acide urique colorés comme à l'ordinaire, dans une urine diabétique très pâle. Les cristaux si fortement colorés de la planche XII ont été pris dans une urine morbide plus pâle que dans l'état normal. On ne peut par conséquent penser que l'acide urique en dissolution, quand il y en a, concourt à la coloration de l'urine ; elle en dissout, du reste, trop peu pour cela.

Une fois formés, les cristaux d'acide urique ne peuvent

(1) Liebig, *Ueber die Constitution des Harns des Menschen*, etc. (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1842, t. XL, p. 161).

(2) Heintz, *Ueber die harnsauren Sedimente* (*Arch. für Anat. und Physiol.*, von J. Müller, 1845, p. 244).

plus se redissoudre dans l'urine, en portant le liquide à la température du corps et au-dessus. Ils ne se dissolvent plus que dans une très grande quantité d'eau portée à l'ébullition ou dans l'urine où ils se trouvent quand elle commence à bouillir. Nous verrons que les urates, au contraire, se dissolvent à 40 degrés, fait qui, ainsi que le remarque M. Donné, peut servir à distinguer ces principes du précédent. Ce fait montre aussi qu'il n'y a pas d'acide urique amorphe dans ces dépôts spontanés d'urates alcalins, qui se forment fréquemment chez des individus bien portants à la suite d'une marche prolongée ou de quelque autre cause. Toutes les fois, en effet, que l'acide urique se dépose spontanément, pendant le refroidissement de l'eau ou d'une solution saline, il prend l'état cristallin.

1006. — Les calculs et les couches d'acide urique sont, après l'oxalate de chaux, les plus durs; mais cependant déjà moins que celui-ci, surtout quand, avec l'acide, il se trouve des urates ou phosphates.

Lorsque cet acide se présente à l'état cristallin dans les conduits urinifères, le bassinet, les uretères, à la face interne de la vessie ou dans les urines, souvent il est en paillettes brillantes ou en petits cristaux rougeâtres ou jaunes. En se réunissant, les paillettes produisent les graviers d'aspect cristallins et de couleur variable, depuis le jaune rouge plus ou moins pâle, jusqu'au rouge brique. Ils forment ce qu'on appelle la gravelle rouge. Les calculs rénaux enkystés possèdent quelquefois un éclat brillant et comme une sorte de transparence cristalline qui s'accompagne ordinairement d'une grande dureté.

L'aspect et le reflet pailleté sont rares dans les calculs vésicaux; c'est habituellement la teinte jaune qu'on rencontre alors dans cette substance. Mais les taches rouges ou jaunes éclatantes qu'on aperçoit sur des calculs blancs ou grisâtres sont dues à des écailles d'acide urique déposé à la surface de cristaux formés par un ou plusieurs autres principes. Dans les couches où il est uni à l'urate d'ammoniaque avec un peu de phosphate, il conserve quelquefois l'aspect cristalloïde

à cassure fibreuse; certains calculs qui présentent des couches de différentes couleurs, jaunâtres, brunâtres, couleur de bois, etc., ont été trouvés quelquefois pourtant formés uniquement d'acide urique ou presque exclusivement. En se déposant à l'état solide, il s'unit toujours à une certaine quantité de substance organique albumineuse, qui est plus abondante lorsque, avec l'acide, se trouve du phosphate calcaire.

M. Chevallier, qui a insisté sur la couleur des calculs d'acide urique et sur les couches qu'il forme, en a trouvé de colorés en jaune chamois, jaune soufre, jaune doré, orangé, blanc sale, gris bleuâtre, en bleu, rouge brique, rouge brun, couleur de bois, rouge foncé tirant au violet, rose avec reflets violets, etc. (1).

Lorsque l'acide urique se dépose dans les vases, on voit les petites paillettes dorées ou rougeâtres qu'il forme, isolées ou réunies en groupes, tant à la surface du liquide que vers le fond du vase où elles sont retenues par un nuage muqueux. Lorsque l'urine a été agitée, les cristaux se réunissent à la partie inférieure, où ils prennent l'aspect d'une poudre rouge brique; ceux qui adhèrent aux parois du vase, et ce sont souvent les plus nombreux, ne se détachent qu'en petite proportion.

1007. — La réaction acide du principe immédiat que nous étudions, lorsqu'il y en a dans l'urine, est masquée par celle de corps réagissant d'une manière plus nette et plus intense, le phosphate acide de soude.

L'acide urique a toujours été déterminé dans l'urine en précipitant des urates par l'acide chlorhydrique. Beaucoup de chimistes, et même des physiologistes et des médecins, ont soutenu que tout celui qu'on obtenait ainsi est à l'état libre. Ils semblent appuyés par l'opinion de MM. Vigla et Quévenne (2), adoptée par M. Becquerel (3), qui pensent

(1) CHEVALLIER, *Essai sur la dissolut. de la gravelle et des calculs de la vessie*, in-8°. Paris, 1835, p. 143.

(2) QUÉVENNE, journal *l'Expérience*, 1838, t. I, p. 417.

(3) BECQUEREL, *loc cit.*, 1841, p. 45 et suiv.

que tous les sédiments gris, roses ou briquetés, amorphes, qu'on trouve dans l'urine, sont de l'acide urique uni simplement à un peu de matière animale, et non à l'état d'urates de soude ou d'ammoniaque. Ils se basent sur la petite quantité d'ammoniaque que donnent ces dépôts quand on les analyse encore frais. Mais nous avons vu que M. Donné (1) a prouvé que l'acide urique cristallisé, mêlé à ces dépôts, ne se redissout pas dans l'urine, tandis que ceux-ci se dissolvent. Or, Proust (2) a montré que les urates sont bien plus solubles que l'acide urique, et l'on ne peut pas admettre que cette combinaison à une matière animale, combinaison que nul fait expérimental n'a démontré, puisse rendre ainsi l'acide urique soluble à l'égal des urates.

Sachant de plus par expérience que l'acide urique se dépose toujours à l'état cristallin pendant le refroidissement d'une liqueur qui en renferme, nous ne pouvons admettre que dans ces dépôts spontanés, constitués par divers urates, il y ait de l'acide urique à l'état amorphe.

La chaleur prolongée semble bien dissoudre ces dépôts spontanés amorphes, puis en laisser déposer à l'état d'acide urique cristallisé une partie; mais cela tient à ce qu'une petite quantité d'urate se décompose par l'ébullition (3). Du reste, il faut dire que nulle expérience directe n'a été faite sur les urates, au point de vue de l'action de la chaleur, à diverses températures; notions chimiques importantes pour toutes ces questions, qu'il reste encore à acquérir. L'étude anatomique des principes immédiats nous conduira souvent à reconnaître que beaucoup de questions purement chimiques, qu'il serait nécessaire d'avoir résolues expérimentalement, et se rapportant soit à des principes immédiats, soit à des composés voisins, sont encore à étudier. Il en résulte qu'à chaque instant l'étude anatomique de ces corps se trouve entravée :

(1) Donné, journal *l'Expérience*, 1838, t. I, p. 279.

(2) Proust, *Essai sur une des causes qui peuvent amener la formation du calcul*, in-8°. Angers, 1824.

(3) Rayer, *Malad. des reins*, in-8°. Paris, 1839, t. I, p. 93.

cela tient à ce que, faute de méthode dans l'étude des principes immédiats, on ne prévoyait pas d'applications de l'étude de ces faits chimiques étudiés soit avec l'eau pure, soit avec des dissolutions salines plus complexes ; car ici il ne faut pas trop juger théoriquement. Chaque idée théorique a besoin d'être vérifiée par l'expérience, parce que, vu la complexité des liquides, il arrive à chaque instant que les résultats qu'on attendait n'ont pas lieu, faute d'avoir tenu compte d'une condition que l'on croyait pouvoir négliger.

Relativement à l'état de l'acide urique dans ces dépôts, Proust a démontré le premier qu'il n'existe pas comme acide libre, mais que ce sont des urates d'ammoniaque et de soude qui les forment. Il se fonde sur le peu de solubilité de l'acide dans l'eau comparée à la grande quantité des urates pris pour de l'acide ; sur la précipitation immédiate de l'acide urique par d'autres plus puissants, même le gaz carbonique ; sur l'analyse chimique de ces dépôts qui les fait reconnaître pour des urates ; sur ce qu'en évaporant l'urine dans le vide, ce sont des urates pulvérulents qui se déposent, tandis que si c'était de l'acide qui fût en dissolution, il se déposerait à l'état cristallin. Enfin Proust s'appuie sur ce que chez les animaux, dont l'urine est la plus simplement composée, la plus facile à analyser, telle qu'on peut supposer qu'elle a été sécrétée (Oiseaux, Reptiles), ce sont toujours des urates qui sont fournis par le rein et non de l'acide urique libre. Aussi l'opinion de Proust sur ce point et sur le précédent, relatif aux urates alcalins pris pour de l'acide urique libre ou seulement uni à des matières animales, est-elle adoptée par tous les auteurs qui se sont occupés expérimentalement de ce sujet de la manière la plus rationnelle, la plus organique (Rayer, Donné), et non à l'aide de théories chimiques, comme ont fait beaucoup de savants. Enfin, Heintz (1) a récemment montré aussi, par des expériences nombreuses, que les dépôts spontanés de l'urine, dont nous parlons, ne renferment jamais d'acide urique libre

(1) Heintz, *Ueber die harnsauren Sedimente* (*Arch.* de Müller, 1845, p. 230).

à l'état amorphe. Quelquefois il se rencontre bien de l'acide urique mélangé en petite quantité à ces dépôts, mais il s'y trouve toujours cristallisé comme dans les dépôts qui en sont principalement formés.

Fréquemment, pour constituer la substance des graviers ou des calculs, ce principe est uni à un peu d'urates de soude, de potasse, de chaux ou d'ammoniaque. Il est en effet rare que l'acide urique soit pur dès qu'une pierre a dépassé le volume d'un haricot. Presque toujours celui qui s'y ajoute ensuite est mêlé avec du phosphate, de l'oxalate et même du carbonate de chaux. Nous avons déjà noté qu'il s'unit toujours à une certaine quantité de substance albumineuse ou gélatiniforme. Nous ne parlons pas ici de la superposition de couches différentes, mais des principes qu'on trouve dans celles qui sont essentiellement constituées d'acide urique.

1008. — L'acide urique, comme on peut le voir par l'ensemble des faits qui précèdent, ne prend qu'une faible part à la constitution de l'humeur dans laquelle on le rencontre. Son histoire, en tant que principe immédiat, est à peu près entièrement pathologique. En effet, il forme principalement à lui seul des dépôts presque morbides ou du moins souvent morbides ; il forme des graviers et des noyaux de calculs également à lui seul ; puis, enfin, il constitue en grande partie les couches successives des calculs uriques. Quant à l'urine, la petite quantité de ce principe qu'elle dissout, la facilité avec laquelle il s'en sépare par simple refroidissement, quand il y en a, montrent bien qu'il s'y trouve à un état purement inorganique, et qu'il ne prend à sa constitution qu'une part très secondaire ; fait que démontre encore son absence fréquente qui est l'état normal, que nous avons constaté tant chez l'Homme que chez le Chien, le Chat, etc.

1009. — L'acide urique libre, tel que nous venons de l'étudier, se forme dans les tubes du rein, en dehors des capillaires sanguins ou bien dans la vessie même. Ceci ressort du fait de sa présence dans le rein et dans l'urine seulement, et de son absence dans le sang ou dans les autres parties du corps. Ce

sont en effet des urates, et non de l'acide urique, qui existent dans le sang. Les conditions de la formation d'acide urique libre sont le mélange d'une urine neutre ou alcaline contenant des urates, et d'une urine contenant un acide susceptible de déplacer celui des urates. Quant à la formation simultanée de deux urines dans le rein, l'une alcaline, l'autre acide, et se mélangeant dans le rein et les uretères, elle est démontrée expérimentalement chez le Lapin par M. Cl. Bernard; et bien qu'elle ne le soit pas directement chez l'homme, les conditions anatomiques étant au fond semblables, la formation de cristaux d'acide urique dans le rein porte à croire qu'il en est de même encore ici. Quant à la formation de l'acide urique dans les humeurs et les tissus, ou mieux des urates, c'est une autre question que celle de la formation de l'acide libre tel que nous l'avons envisagé, et il ne faut pas la confondre avec celle-ci.

L'état de maladie influe beaucoup sur la présence et la quantité du principe immédiat que nous étudions ici. Des dérangements dans les fonctions digestives peuvent augmenter la quantité d'acide urique dans l'urine. Les maladies accompagnées de fièvre augmentent, comme nous l'avons dit, la quantité d'acide urique dans l'urine. L'acide urique ou les urates disparaissent de l'urine des carnivores dès qu'on les soumet à une abstinence prolongée; l'urée seule persiste ou augmente de quantité (1).

Comme la plupart des principes de la deuxième classe, l'acide urique est purement excrémentitiel. C'est un principe qui est destiné à être rejeté, et dont le séjour dans l'organisme devient un obstacle à l'accomplissement régulier des fonctions. Il est expulsé par les voies urinaires.

1010. — *Extraction.* L'étude anatomique de l'acide urique est des plus faciles, lorsqu'il s'est déposé dans l'urine; il suffit de porter la substance à examiner sous le microscope, comme on le fait pour toute espèce de substance. Cet examen ne présente rien de particulier, et l'on reconnaîtra

(1) Cl. Bernard, *Constitut. physiol. de l'urine et de la bile* (*Comptes rendus de la Soc. philomat.*, 1848, et journal *l'Institut*, 1848, p. 63).

le principe d'après les caractères de forme et les réactions chimiques déjà décrites au commencement de ce chapitre. (Voy. pl. X, XI et XII.) Dans les cas où il n'y a pas de dépôt et où il existe un peu d'acide urique dans l'urine, on le reconnaîtra facilement dans le résidu d'évaporation de ce liquide par les caractères que présentent ces cristaux. Généralement ceux-ci sont losangiques, à angles obtus, arrondis; à angles aigus quelquefois prolongés en pointe (pl. X, fig. 1) et diversement groupés. Dans l'urine ainsi évaporée leur couleur est généralement d'un rouge brunâtre; ils sont assez transparents, si ce n'est vers le centre du cristal où quelquefois se voit une tache allongée, plus foncée que le reste du cristal.

On peut avoir à observer l'acide urique dans un grand nombre d'autres circonstances : tels sont les cas où il s'agit de savoir si un dépôt est formé par des urates, sels que l'on décompose par un acide qui précipite l'acide urique; tels sont les cas où l'on observe le dépôt d'acide urique qui trouble les urines après addition d'un acide qui décompose les urates tenus en dissolution ; tels sont enfin les cas où il s'agit d'étudier l'acide urique des calculs.

Dans le cas des urates formant un dépôt et que l'on observe au microscope, si l'on vient à faire pénétrer une goutte d'acide acétique entre les deux lames de verre où est déposé l'échantillon du sédiment d'urate, on voit, à mesure que la dissolution s'opère, de petits cristaux naître sous les yeux de l'observateur. Ces cristaux apparaissent d'abord extrêmement petits; ils commencent par un point, s'accroissent et grandissent peu à peu, et bientôt on reconnaît la forme de lames propres à l'acide urique. Ces petites lames sont incolores, transparentes, souvent ovales ou losangiques (pl. XIII, fig. 2), mais tantôt à angles allongés, ou au contraire tronqués. Ces formes diffèrent toujours plus ou moins suivant les conditions où l'on s'est placé, conditions qu'il est presque impossible de préciser. La plus ou moins grande concentration de l'acide, la nature de celui-ci, selon qu'il arrive lentement ou vite sur la substance, etc., telles sont quelques unes des circonstances qui font varier les formes cristallines. Aussi, outre celles de la pl. XIII, fig. 2, on en trouve quelquefois de semblables à celles de la pl XIV, fig. 1, ou de la pl. XI, fig. 1, mais incolores.

Lorsqu'il s'agit du résidu amorphe ou formé de groupes d'aiguilles d'urate de soude, qu'on obtient en évaporant l'urine, on peut avoir besoin de s'assurer si ce sont bien des urates. On le fait aussi en traitant ce résidu par l'acide acétique, chlorhydrique ou nitrique étendu, soit dans un verre de montre, soit sous le microscope entre les deux lames de verre. On obtient alors des formes généralement plus régulières que dans le cas de dépôt d'urates spontanément formés. Ce sont des lamelles losangiques généralement isolées, souvent très petites (comme pl. XIV, fig. 1, z), quelquefois il y en a qui ont leurs angles aigus, tronqués. Ces lamelles sont çà et là réunies en groupes (x, x et y). Il y en a de si étroites, qu'elles for-

ment de véritables aiguilles (v, v), généralement isolées, dispersées avec les autres cristaux, ou concourant à former des groupes (x). Ces lamelles et aiguilles incolores, régulièrement losangiques ou allongées et les extrémités coupées obliquement, sont très rares.

Lorsqu'on précipite l'acide urique des urates encore dissous dans de l'urine fraîche n'ayant pas été évaporée, le dépôt se fait plus lentement que dans les circonstances que nous venons de passer en revue. On ne voit pas les cristaux se former sous les yeux de l'observateur. Mais il est à remarquer que lors même qu'on examine des cristaux encore très petits, ils sont déjà colorés, au lieu d'être incolores comme ceux qu'on obtient avec les urates solides. Plus leur volume augmente, plus la coloration prend d'intensité. Enfin la forme des cristaux et l'intensité de leur coloration diffèrent suivant qu'on emploie une grande ou une petite quantité d'acide proportionnellement à la quantité d'urine, et selon qu'on se sert de tel ou tel acide. Ces faits et autres montrent qu'on ne doit pas rapporter la coloration des cristaux d'acide urique à des matières colorantes qu'entraînerait ce principe en se déposant, ainsi que sont portés à le croire quelques auteurs. Ces cristaux sont en effet bien plus homogènes que la plupart des solides cristallins des sels qui entraînent les substances organiques en se déposant ; et même dans les concrétions il en entraîne fort peu, ce sont surtout les sels qui ont cette propriété. Ces variations de couleur paraissent dues à des modifications diverses d'agrégation moléculaire, tenant aux conditions dans lesquelles se dépose le cristal, particularités dont plusieurs composés chimiques offrent des exemples.

Dans les planches XIV et XV on trouvera figurées les formes et couleurs des cristaux précipités par les acides acétique et chlorhydrique. Avec l'acide acétique (1/15e de la quantité d'urine) on a des cristaux ayant une riche couleur rouge amarante, ou mieux *terre de Sienne brûlée* (pl. XIV). Les cristaux précipités par l'acide acétique, isolés ou réunis en groupes, ont généralement la forme de ceux des dépôts spontanés (pl. XIV, fig. 3, b, c, d, i, h, k). Ce sont quelquefois des lames épaisses au centre et amincies à la périphérie (c, d). Il y a toujours quelques formes singulières, telles que des lamelles portant un prolongement conique sur l'un de leurs bords, ou bien des pointes isolées (comme pl. XIV, fig. 2, e, f, g). Enfin il y a çà et là de petits cristaux prismatiques ou losangiques, incolores, isolés ou groupés, mais peu nombreux (pl. XIV, fig. 2, a) proportionnellement aux autres.

Lorsqu'à l'urine on ajoute un peu d'acide chlorhydrique, 1/20e par exemple, l'urine prend une teinte foncée rouge brun, qui augmente peu à peu pendant douze à vingt-quatre heures. Cette teinte se manifeste également avec l'acide sulfurique et l'acide acétique, mais moins avec ce dernier qu'avec les autres. Dans l'acide chlorhydrique, au bout de quelques heures, on trouve des cristaux assez singuliers par leur disposition générale. Ce sont des corps à peu près cylindriques dont la section est

ovoïde, mais amincis aux deux extrémités, sur les faces opposées, de manière à représenter, quand on les voit de côté, une sorte de prisme dont la section suivant la longueur serait un losange (pl. XV, fig. 1, *b*). Vus de face, ces cristaux sont toujours d'un jaune pâle et transparents à leurs extrémités; foncés, d'un jaune noirâtre ou brun sur les bords. Les extrémités sont également foncées quand on les voit de côté. Vers le milieu ils offrent une bande circulaire d'un jaune d'ocre, plus foncée que ne le sont les extrémités du cristal. Il est très fréquent de trouver une des extrémités de chaque cristal déformée (fig. 1, *c*). Il y a souvent plus de demi-cristaux que de cristaux entiers; les formes *a*, *a*, sont alors plus nombreuses que les autres. On rencontre aussi des groupes formés de ces diverses variétés cristallines.

Du reste, la densité de l'urine, sa température, la quantité que l'on emploie, etc., sont autant de conditions particulières dans lesquelles se passe la cristallisation, et qui amènent quelques différences dans les formes, la coloration, le volume, la quantité de telle ou telle variété cristalline, etc. En ajoutant une grande quantité d'acide et laissant le précipité urique s'opérer pendant douze à seize heures, on a d'autres aspects cristallins se rapprochant néanmoins des précédents (pl. XV, fig. 2). Ces cristaux sont seulement plus gros et plus fréquemment groupés. Ils sont amincis aux extrémités, et le centre est très épais, ce qui est dû à ce qu'il est chargé de petites lamelles très étroites, imbriquées et fortement adhérentes les unes aux autres.

Elles sont quelquefois si nombreuses, que le cristal tend à devenir fusiforme. Néanmoins lorsqu'on voit quelqu'un de ces cristaux par le côté, on reconnaît qu'ils sont bien plus minces que larges. (Comparez *a* et *b*, pl. XIV, fig. 2.) Lorsqu'ils sont groupés plusieurs ensemble (*d*), le centre de l'amas a une teinte d'un noir tirant sur la teinte de terre de Sienne brûlée très foncée. Dans les cas où l'urine se trouble lorsqu'on y ajoute de l'acide nitrique et qu'il y a dépôt d'acide urique, les formes qu'on trouve se rapprochent de celles représentées pl. XI, fig. 1, et de quelques unes de la planche XIII. Ce sont des lames losangiques ou des prismes rhomboïdaux présentant plus ou moins de régularité. Tantôt ils sont presque incolores, d'autres fois ils tirent au jaune rougeâtre.

Nous avons déjà fait remarquer, en traitant de la cristallographie des principes immédiats en général, que les formes cristallines qu'offrent ceux-ci varient avec chacune des conditions particulières dans lesquelles ils se trouvent. D'abord on observe un très grand nombre des variations des cristaux réguliers, modification portant sur les angles ou sur les arêtes; puis ce peuvent être des lamelles régulières, des prismes et lamelles dont les bords ou les angles sont plus ou moins arrondis, ou bien des aiguilles. D'autre part, ce peuvent être des cristaux réguliers, irréguliers, des lames régulières ou irrégulières, ou des aiguilles qui se réunissent en groupes.

Ici, on le comprend, il peut se présenter un nombre infini de dispositions, suivant que telle ou telle particularité de composition, de concentration du liquide, de tranquillité ou d'agitation, etc., amène un groupement ayant quelque régularité ; ou *vice versâ*, suivant que beaucoup de cristaux ou un petit nombre se réunissent, suivant que les cristaux se réunissent par les faces ou les extrémités, que des cristaux réguliers s'unissent à d'autres qui sont irréguliers, etc.

D'autre part, ces cristaux peuvent être peu ou pas colorés, ou l'être beaucoup, soit en jaune, en rougeâtre, etc. Néanmoins, malgré toutes ces particularités dont l'acide urique et un petit nombre d'autres principes offrent des exemples, il est important de remarquer qu'avec un peu d'habitude on parvient toujours à distinguer qu'il s'agit de tel principe et non de tel autre. D'abord il y a peu de principes dont les cristaux soient colorés ; puis, malgré l'absence de coloration, chacun a quelque chose de spécial dans le mode de groupement de ses cristaux ; les cristaux déformés eux-mêmes se déforment d'une certaine manière qu'on ne retrouve nulle part ailleurs, comme le montrent les lames rhomboïdales de l'acide urique. Puis, au milieu de toutes ces déformations, au milieu de toutes ces variétés de groupement, il y a toujours quelques cristaux ou portions de cristaux qui conservent les faces du type. Ce n'est, bien entendu, qu'après avoir comparé les uns aux autres beaucoup d'espèces de principes, qu'on arrive à distinguer rapidement les uns des autres les principes mélangés ensemble ; car il est tout simple que pour distinguer une chose de celles qui l'accompagnent, il faut déjà connaître ces dernières. Ce sont là des difficultés qui se rencontrent partout, mais qu'un peu d'expérience conduit rapidement à surmonter avec beaucoup de précision, surtout en se guidant sur les dessins des cristaux de la plupart des principes immédiats, et sur l'impossibilité qu'il y a de trouver certains cristaux dans le liquide qu'on examine, surtout, en un mot, en procédant par élimination.

Caractères de l'acide urique. L'acide urique possède des caractères tellement tranchés, qu'il est très facile de le distinguer de toute autre substance. L'acide urique, chauffé avec un peu d'acide azotique, jusqu'à siccité, puis chauffé au contact de vapeurs ammoniacales, donne une coloration rouge pourpre des plus caractéristiques. Pour obtenir cette réaction d'une manière bien nette, il faut que l'acide urique ne soit pas mélangé de matières qui pourraient masquer la coloration ; aussi faut-il toujours dans ce cas chercher à isoler l'acide urique, en le traitant par la potasse d'abord, puis en décomposant l'urate de potasse soluble par l'acide chlorhydrique.

Au moyen du microscope, rien n'est plus facile que de distinguer l'acide urique d'après les caractères cristallins décrits précédemment et d'après ceux qui suivent.

Lorsqu'il s'agit de gravelle urique, il faut avoir soin de se servir d'un

faible pouvoir amplifiant ; car les cristaux ou les amas cristallins étant volumineux, dans ce cas il faut les examiner à un pouvoir amplifiant tel qu'ils ne puissent remplir le champ du microscope.

Lorsqu'il s'agit d'un calcul d'acide urique pur ou accompagné d'oxalate de chaux et de substance organique, pour le séparer le meilleur moyen est de dissoudre dans l'eau bouillante l'acide du calcul pulvérisé. Il se précipite ensuite par refroidissement, sous forme de paillettes blanches, brillantes, très nombreuses, qui troublent le liquide et se déposent au fond. Lorsque le précipité a lieu par refroidissement brusque d'une solution concentrée, on obtient un précipité dont les formes cristallines sont représentées pl. XV, fig. 3. Les petites lamelles régulières (*e*, *d*, *k*) sont les plus nombreuses. Les formes irrégulières (*a*, *b*, *g*, *h*, *i*, *f*, *c*) le sont un peu moins ; ce sont ou des lamelles quadrilatères dont les faces sont comme excavées et les bords rapprochés vers le milieu, ce qui fait paraître ces cristaux comme étranglés (*a*, *b*, *c*). D'autres lamelles, ce sont généralement les plus grandes, sont losangiques (*f*, *g*, *h*, *i*). Presque toutes ont un contour et des extrémités un peu irrégulières, doublées ; souvent elles paraissent comme formées de deux lamelles superposées (*h*, *i*, *f*) ; de plus petites lamelles régulières leur adhèrent souvent (*b*, *h*). Elles sont incolores, très transparentes.

Dans les solutions plus étendues, si on laisse déposer lentement l'acide, il prend des formes plus régulières (pl. XVI, fig. 1, *a*, *a*, *a*, *b*) ; ce sont des lames quadrilatères à faces latérales taillées en biseaux qui, vues de côté, offrent l'aspect représenté en *b*. Les plus nombreuses sont peut-être celles figurées en *c*. La plupart ont leurs arêtes (*f*) ou leurs faces complétement ou partiellement irrégulières, grenues ou striées en travers (*e*, *g*, *h*). Quelques unes des plus grandes sont réunies deux à deux par une plus petite lamelle intermédiaire, pâle et régulière (*g*, *h*). On trouve aussi un assez grand nombre de petites lamelles étroites, ayant presque l'aspect d'aiguilles à extrémités coupées carrément, qui sont disposées en groupes étoilés (*d*, *d*). Ces mêmes cristaux, lorsqu'on les redissout et qu'on laisse le refroidissement se faire très lentement, se déposent en grandes lames très régulières (pl. XVI, fig. 2, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*), dont les faces latérales sont aussi remplacées par un biseau. Quelques unes présentent sur leurs grandes faces de minces lamelles superposées (*a*, *b*). Lorsque la liqueur est froide et devenue incolore, si l'on vient à l'agiter avec une baguette de verre, elle se trouble par la formation rapide de très petites lamelles de même forme que les précédentes qui sont en suspension dans le liquide (*c*).

Ces cristaux sont de l'acide urique non plus anhydre, mais hydraté, combiné à un équivalent d'eau, ainsi que l'a montré Fritsche ; ces paillettes cristallines servent, comme on peut le voir, de prisme rectangulaire droit, dont deux angles sont remplacés par un biseau en même temps que les deux grandes faces représentent une facette de décroissement tangente

aux deux arêtes verticales opposées, qui correspondent aux deux angles modifiés : c'est là un cas de dimorphisme de l'acide urique correspondant à celui que présente le carbonate de chaux naturel, appelé *aragonite* en minéralogie.

Parmi les calculs d'acide urique analysés par M. le docteur Samuel Bigelow, il en est qui ont laissé déposer de grands cristaux d'acide d'une couleur jaune d'or (pl. XVI, fig. 3) tantôt pâle (*c*, *f*, *i*), tantôt foncé (*a*, *b*, *e*, *h*, *k*), toujours très brillants et limpides. Tous tendent à la forme losangique allongée, et souvent ils présentent un renflement assez brusque vers le milieu (*a*, *b*, *c*). Ils sont aplatis, quatre à six fois plus minces que larges. Les formes *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, sont les plus fréquentes. Les faces latérales sont toujours très foncées, tirant sur le noir et la *terre de Sienne brûlée* très foncée : cette teinte est ainsi formée lors même que les cristaux sont vus de face et surtout quand on les voit de côté (*g*); sous certaines incidences obliques elle est plus claire. Ces cristaux peuvent être isolés (*a*, *c*, *k*, *e*) ou entrecroisés de différentes manières (*b*, *g*). Les arêtes, quoique courbes, sont très nettes et tranchantes; les angles aigus quelquefois effilés (*k*, *l*). Quelques uns des cristaux sont comme brisés ou ne représentent que la moitié d'un des précédents (*h*, *i*). Quelques uns de ces derniers cristaux peuvent être réunis par leurs bords et leurs extrémités (*l*, *g*). Quelquefois les plus petits, réguliers ou non, se groupent en masses étoilées (*m*, *d*).

Les plus grands de ces cristaux, même isolés, se voient déjà à l'œil nu. Il en est de même des suivants, également obtenus par M. Sam. Bigelow, dans l'analyse des calculs. Ce sont de grandes lames ou aiguilles allongées, incolores, dont les faces latérales sont extrêmement foncées, d'un noir bleuâtre, dont tout le cristal, même dans les parties transparentes, prend un peu le reflet. Leurs arêtes sont très aiguës (pl. XVII, fig. 1, *a*, *b*, *c*). Ils sont souvent coudés (*b*) ou réunis deux ou trois ensemble (*d*), ou bien, enfin, adhèrent par une de leurs extrémités à une lame quadrilatère ou losangique (*a*). Les formes *a* et *b* sont les plus nombreuses, surtout celles se rapprochant de la forme *a*, dont l'extrémité libre est surchargée d'une petite forme régulière.

1011. — *Historique.* L'acide urique fut découvert par Schèele, qui le trouva en analysant des calculs, d'où le nom d'*acide lithique* qu'il lui donna (1). Il le dénomma d'autant plus volontiers de la sorte que le hasard fit que toutes les concrétions analysées par le chimiste suédois étaient des calculs uriques. Il en indique en même temps dans l'urine des adultes et des enfants, et montre que le dépôt briqueté qui se forme dans l'urine pendant la fièvre intermittente en est formé. Bergmann en trouva également

(1) SCHÈELE, *Mém. de l'Acad. royale des sciences de Suède*, 1775-1776, t. XXXVI, p. 327.

peu après dans des calculs vésicaux (1). Fourcroy en trouva également et chercha à en faire l'analyse élémentaire (2). Gaertner indiqua sa présence dans les sédiments des urines d'un certain nombre de maladies; mais il ne fit pas de recherches originales sur la nature de ce principe, et il s'en rapporte aux déterminations données par Schèele (3) dont les travaux étaient encore récents. Gaertner cherche déjà à montrer que l'acide urique et l'*acide phosphoreux* peuvent se rencontrer dans l'urine en proportions très différentes, suivant la nature des aliments (4).

C'est sans doute de l'acide urique qui fut trouvé par Jaeger (5) dans les concrétions articulaires, lorsqu'il dit qu'elles renferment le même acide que celui des calculs vésicaux; peut-être aussi est-ce l'acide phosphorique des phosphates ou un phosphate acide dont il parle.

Déjà avant cette époque Link avait trouvé dans des calculs du phosphate de chaux et sans doute de l'acide urique (6), mais sans reconnaître la véritable nature de ce dernier. Schèele avait, en effet, indiqué qu'en soumettant l'acide lithique (urique) à la distillation, on obtenait un *sublimé acide*. Ce produit de la distillation fut pris par Link et par plusieurs autres chimistes qui, dans les premiers temps, s'occupèrent de ce sujet, pour l'acide découvert par Schèele, tandis qu'au contraire le savant suédois indique nettement que ce *sublimé acide* est un produit de l'action du feu et non le corps nouveau tel qu'il se trouve dans les calculs. Dandalo (7) indique, mais avec doute, que l'urine des phthisiques ne contient pas d'acide phosphorique, mais de l'acide urique.

George Pearson, commettant la confusion dont nous venons de parler, relativement au *sublimé acide* de l'acide lithique (urique), cherche d'abord,

(1) Bergmann, *Acta Academ. regiæ suecicæ*, anno 1776, p. 333. Et dans Schèele, *Ueber Luft und Feuer*. Préface. Trad. du suédois. Upsal et Leipzig, 1777, p. 8.

(2) Fourcroy, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1791, t. VII, p. 188; et 1794, t. XVI, p. 68). Toutes ces analyses avaient été faites en 1787, et n'ont été publiées que plus tard.

(3) Schèele, *Saimmtlung phys. chem. Werke*. (*Uebersetz* von Hermbstaedt. Berlin, 1793, t. II, p. 144-152-285. — *Recueil des œuvres de physique et de chimie de Schèele*, publié après sa mort et traduit par Hermbstaedt.)

(4) Gærtner, *Observata quædam circa urinæ naturam*, in-8°. Tubingæ, 1776. Et dans Reil, *Arch. für physiol.*, avec ce titre : *Einige Bemerkungen ueber die Natur des Urins*, von C.-F. Gærtner, 1797, vol. II, p. 169.

(5) Jaeger, *Dissertatio inauguralis medica acidum phosphorum tanquam morborum quorumdam causam proponens*, in-8°. Stuttgardt, 1793.

(6) Link, *Commentatio de analysi urinæ et calculi urinarii, præmio ornata*. Gœttingue, 1788.

(7) Dandalo, *Fondamenti della scienza chimico-fisica*. Venet., 1785, p. 40.

dans un travail sur les concrétions articulaires et les calculs urinaires, à réfuter Schèele. Puis voyant que l'acide des calculs ne peut pas se combiner aux carbonates avec dégagement de gaz, comme le font les autres acides, il remplace à tort le nom d'*acide lithique* par celui d'*oxyde urique* (1). Cette opinion ne fut pas adoptée, et avec raison, car les résultats obtenus par Schèele ont toujours été confirmés. De plus, ils avaient été déjà vérifiés en France et fort étendus par Fourcroy et Poulletier-Delassalle, qui en 1786 avaient commencé les travaux publiés plus tard par Fourcroy seul (2), par suite de la mort de Poulletier-Delassalle. C'est dans ce travail que Fourcroy avait montré que l'acide lithique était le plus faible des acides ; qu'il était composé principalement d'azote et de carbone, et peu d'oxygène et hydrogène ; qu'il est plus soluble dans l'eau chaude que l'eau froide. Dans ce même travail, Fourcroy avait montré que cet acide n'a été trouvé encore que dans l'urine de l'homme, et que le dépôt pulvérulent qui se précipite dans l'urine de beaucoup de convalescents renferme de ce principe. Suivant Pearson l'urine normale ne contient pas d'acide lithique, mais seulement la substance qu'il appelle *oxyde animal*, substance qu'il est difficile de savoir à quoi rapporter (3) ; il montra que les concrétions des herbivores ne renferment jamais d'acide urique. La même année que parut le travail de Pearson, Fourcroy revint sur celui qu'il avait publié quatre ans auparavant pour en confirmer les résultats, et proposa le nom d'*acide ourique* pour remplacer ceux d'*acide lithique* et d'*oxyde urique* (4). Ce fut à partir de cette époque que l'usage fit adopter généralement le nom d'*acide urique*. La même année, Wollaston trouva également de l'acide urique dans les calculs urinaires (5). On doit aussi à Pearson d'avoir observé le premier que l'urine des diabétiques laisse déposer de l'acide urique (6), fait que nous avons vu nié depuis par Barruel, puis vérifié par M. Rayer. D'après Pearson, l'acide urique disparaissait quand on nourrissait le malade avec des végétaux. Cruickshank paraît être le premier qui ait déterminé chimiquement que le dépôt que présentent les urines après

(1) G. Pearson, *Mém. sur l'urine et le calcul vésical* (*Ann. de chim.*, 1797, t. XXVI, p. 113).

(2) Fourcroy, *Anal. comparée de diverses espèces de concrét. animales et végétales* (*Ann. de chim.*, 1794, t. XVI, p. 63-113).

(3) Pearson, *loc. cit.* (*Ann. de chim.*, 1797, t. XXVI, p. 113).

(4) Fourcroy, *Examen des expériences et des observations nouvelles de M. Pearson sur les concrétions urinaires de l'homme* (*Ann. de chim.*, 1797, t. XXVII, p. 286).

(5) Wollaston, *Philosoph. transact.*, 1797.

(6) Pearson dans Rollo, *Cases of the diabetes mellitus with the resultats of the trials of the certain acids and other substances in the cure of the lues venerea*, 2e édit. London, 1798.

les accès de goutte est formé surtout d'acide urique (1), fait vérifié peu après par Reinecke (2).

Fourcroy, qui après la mort de Poulletier-Delassalle s'était associé Vauquelin, continua avec lui ses recherches sur un grand nombre de points relatifs à la constitution des solides et des liquides de l'économie animale. Ils montrèrent qu'il existe de l'acide urique dans l'urine normale (3). Mais à part les cas où il s'agit de l'acide urique qui se précipite spontanément après l'émission des urines, on ne peut savoir s'ils parlent de l'acide urique libre ou de l'acide chassé de sa combinaison avec diverses bases. Cette remarque s'applique non seulement au travail de ces deux savants, mais encore à ceux que nous citerons encore, sans indication spéciale. Tels sont Proust (4), Hildebrand (5), Schultens (6), Nicolas et Gueudeville (7). Volta et Brugnatelli indiquèrent la présence de cet acide dans diverses espèces de calculs vésicaux, même ceux de couleur blanche (8). Proust, dans le travail que nous avons cité, dit en avoir trouvé qui était uni à un peu de carbonate de chaux. Fourcroy et Vauquelin publièrent ensuite de nombreuses analyses de calculs, dans lesquelles ils firent connaître de quelle manière est disposé l'acide urique dans les calculs, soit qu'il les forme en entier ou ne constitue que des couches autour d'un noyau d'une autre nature, ou bien qu'il forme le noyau, etc. (9). C'est ce travail capital qui a servi depuis à la description de la structure, de la composition des cristaux, et de la disposition relative des diverses substances qui les constituent. Nous avons extrait de ce mémoire déjà les faits qui se rapportent à l'acide urique et à divers principes de la première classe ; il est inutile, par conséquent, d'insister de nouveau sur ce point. La plupart des calculs

(1) CRUICKSHANK dans ROLLO, *Traité du diabète sucré et des maladies qui en dépendent*, trad. de l'anglais par Alyon, avec des notes par Fourcroy, in-8°. Paris, an VI (1798), t. II, p. 1.

(2) REINECKE, *Ann. de chim. de Crell*, 1800, p. 12.

(3) FOURCROY et VAUQUELIN, *Extrait d'un mémoire sur l'hist. nat. chimiq. et médic. de l'urine* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXI, p. 48).

(4) PROUST, *Expériences sur l'urine* (*Ann. de chim.*, 1800, t. XXXVI, p. 258).

(5) HILDEBRAND, dans son *Encyclopédie*. Erlangen, 1802, t. I, p. 1551.

(6) SCHULTENS, *Disputatio chemico-medica de causis imminutæ in Repub. Batav. morbi calculosi frequentia*, in-8°. Lugd. Batav., 1802.

(7) NICOLAS et GUEUDEVILLE, *Rech. chimiques et médicales sur le diabète*, etc. (*Ann. de chim.*, 1802, t. XLIV, p. 45).

(8) VOLTA et BRUGNATELLI, dans BRUGNATELLI, *Lettre à Fourcroy sur l'analyse des calculs urinaires de l'homme et du cochon* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXII, p. 181).

(9) FOURCROY et VAUQUELIN, dans FOURCROY, *Lettre au citoyen Gioberti, contenant quelques résultats de ses travaux sur les calculs urinaires* (*Ann. de chim.*, 1798, t. XXX, p. 57). — FOURCROY et VAUQUELIN, *Sur l'analyse des calculs urinaires humains* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXII, p. 213).

qui ont servi à ces analyses concourent à former la collection du musée Dupuytren.

Paul Mascagni trouva aussi que les graviers rendus par les individus atteints de la gravelle, maladie dont il était affecté, sont formés souvent par de l'acide urique (1). Proust indiqua vers la même époque, que les calculs qui ont la couleur du bois sont formés principalement d'acide urique (2). Wurzer analysa aussi des calculs dans lesquels il trouva divers phosphates associés à l'acide urique (3). Brandes arriva à des résultats analogues (4). Enfin, plus tard (5) Vauquelin confirma, en y ajoutant quelques détails, les faits qu'il avait fait connaître antérieurement.

M. Brandes avait annoncé la présence de l'acide urique dans l'urine des herbivores (Chameau). M. Chevreul (6) montra qu'il y avait eu erreur et y démontra celle de l'acide benzoïque (hippurique).

Les remarques faites précédemment sur l'acide urique, considéré dans l'urine à l'état normal, s'appliquent également aux analyses de Berzelius (7), de John (8) et, comme nous l'avons dit, à la plupart des analyses faites par les auteurs que nous avons cités dans ce chapitre.

On sait que Proust (9) avait observé, après Schèele et autres, que le dépôt rouge qui se forme dans l'urine des fiévreux contient de l'acide urique; il crut de plus qu'il y existait en outre un acide particulier, *acide rosacique* ou *rosacé*. Plus tard il admit que cet acide est formé d'urate d'ammoniaque uni à une matière colorante (10); il admit ensuite que c'était de l'acide urique uni à une matière animale. Mais, malgré tous les travaux qui ont été faits sur ce prétendu principe, on sait actuellement qu'il n'existe par conséquent pas en tant que composé défini. Prout le considère comme étant surtout de l'urate d'ammoniaque *uni à diverses matières*

(1) P. Mascagni, *Memorie della Societa italiana delle scienze*, 1804, t. II, p. 637.

(2) Proust, *Lettre à M. Vauquelin sur différents points de chimie* (*Ann. de chim.*, 1804, t. XLIX, p. 182).

(3) Wurzer, *Anal. d'un calcul de la vessie* (*Ann. de chim.*, 1806, t. LX, p. 310).

(4) Brandes, *Transact. philos.*, 1808.

(5) Vauquelin, *Questions sur la formation des bézoards intestinaux* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXIII, p. 138).

(6) Chevreul, *Note sur les urines de chameau, de cheval*, etc. (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII).

(7) Berzelius, *Mémoires de physique, de chimie et de minéralogie*, 1812, 3e partie.

(8) John, *Laborat. chimicum*. Berlin, 1808, p. 180.

(9) Proust, *Expériences sur l'urine* (*Ann. de chim.*, 1800, t. XXXVI, p. 267).

(10) Proust, *Faits pour la connaissance des urines et des calculs* (*Ann. de chim. et de phys.*, 1820, t. XIV, p. 247).

colorantes, d'où il prend diverses couleurs (1). Quoi qu'il en soit de cette explication, ces matières colorantes n'existent pas, nous devons indiquer le fait signalé par Prout. Dejà Vogel avait du reste considéré l'acide rosacique comme différant peu de l'acide urique (2).

L'acide urique a été indiqué aussi par M. Masuyer comme existant dans les concrétions ostéoformes des artères et veines des goutteux (3). M. Bouis l'a trouvé formant la plus grande partie d'un grand nombre de graviers, souvent il était uni à des urates (4). Batillat en indique neuf parties sur dix dans les sédiments rouges des urines (5). Marchand indique la présence de l'acide urique dans un *calcul biliaire* qui aurait été formé en grande partie par cet acide (6). Ce fait que ce chimiste songe à considérer comme peu certain demande à être vérifié.

Wachenroder, dans ses recherches chimiques et pathologiques sur l'urine, a trouvé que l'urine d'enfants très jeunes ne contient point d'acide urique, mais qu'à la suite d'une disposition maladive, cet acide peut se rencontrer dans les reins ou dans la vessie (7).

L'absence de méthode dans l'étude des principes immédiats fait que jusqu'à présent il a régné beaucoup de confusion sur la question de savoir sous quelle forme est dissous l'acide urique dans les urines. Il en est résulté un très grand nombre de travaux dans lesquels, au lieu de s'occuper de l'acide urique comme principe immédiat, on parle de lui comme principe médiat éloigné, c'est-à-dire comme partie de l'urate d'ammoniaque ou de soude. Au lieu de tenir compte des principes tels qu'ils sont, tels qu'ils jouent un rôle directement, on parle des corps simples ou composés qui font partie de ceux-là et qui n'agissent qu'indirectement; de ceux dont la connaissance ne nous donne que des notions préliminaires, ou même inutiles, parce qu'elles sont trop purement chimiques, parce qu'elles nous indiquent des actes trop éloignés de ceux qui se passent dans l'organisme; aussi beaucoup de ces travaux sont-ils presque inutiles à consulter.

D'après Duvernoy, si l'acide urique est moins abondant que la matière

(1) W. Prout, *On the nature and treatment of stomach and renal diseases*. London, 1843, p. 188.

(2) Vogel, *Ann. de chim. et de phys.*, 1816, t. I, p. 321 à 322).

(3) Masuyer, *Concrét. ostéoformes des artères et des veines* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. II, p. 246).

(4) Bouis, *Anal. de concrét. urinaires* (*Journ. de chim. méd.*, 1827, t. III, p. 326).

(5) Batillat, *Observat. sur les sédiments urinaires* (*Journ. de chim. méd.*, 1841, t. VII, p. 342).

(6) Marchand, *Journ. für prakt. Chemie*, 1839, t. XVI, p. 37.

(7) Wachenroder, *Beitræge sur Zoochemie* (*Neues Jahrbuch der Chem. und Pharm.*, 1833, t. VIII, p. 407, et t. IX, p. 7 et 67).

colorante, il se dépose sous forme cristalline; s'il est plus abondant, il se précipite trop rapidement et se dépose à l'état amorphe pulvérulent (1). Mais nous avons vu que l'acide urique ne se dépose toujours que sous forme cristalline, même quand il se précipite rapidement de l'eau chaude refroidie brusquement.

On doit à Fritsche d'avoir montré expérimentalement que l'acide urique ne se dissout pas autrement dans l'urine que dans l'eau, et qu'il ne se dissout pas plus dans l'urine froide que dans l'eau pure (2). Il a montré aussi que des urates alcalins ont précipité, par les acides, de grandes paillettes d'une combinaison d'acide urique et d'eau (un équivalent), que nous avons figuré pl. XVI, fig. 1 et 2. D'après ce qui précède, il est inutile de tenir compte de l'opinion de Willis, qui pense que la cause fondamentale de la dissolution de l'acide urique dans l'urine doit être cherchée dans son mode d'union chimique avec l'eau de l'urine (3). Nous savons, de plus, qu'il n'existe pas toujours de l'acide urique dans l'urine en tant qu'acide urique.

Simon parle çà et là de sédiments amorphes formés, quoique rarement, par de l'acide urique (4). Mais, outre les opinions contraires et les faits déjà cités, il faut encore mentionner Golding Bird, qui dit n'avoir jamais rencontré d'acide urique amorphe (5). Lipowitz a fait voir que si l'on met de l'acide urique dans un lactate alcalin et qu'on élève la température jusqu'à ce qu'elle soit égale à celle du sang, l'acide se dissout, mais il se dépose ensuite par le refroidissement (6). Lipowitz a montré le premier que l'acide urique peut se dissoudre à chaud dans le bicarbonate de potasse et le borate de soude, parce qu'il passe à l'état d'urates de potasse et de soude qui se déposent par le refroidissement. La même chose a lieu avec le phosphate de soude, et il reste du phosphate de cette base (7). Heintz a montré que ni le sucre de raisin ni l'albumine n'augmentent la solubilité de l'acide urique dans les liquides où ces corps se trou-

(1) Duvernoy, *Chemisch medicinische Untersuchungen uber den Menschlichen Urin*, in-8°. Stuttgardt, 1835, p. 20.

(2) Fritsche, *Pharmaceutisches Central blatt*, 1839, p. 206.

(3) Willis, *Krankheiten des Harnsystems*, 1841, p. 20.

(4) Simon, *Medicinisch-analytische Chemie*, 1842, t. II, p. 372.

(5) Golding Bird dans Eckstein, *Bibliothek des auslandes für die organisch-chemische Richtung der Heilkunde*, 1844, II[e] Heft, p. 31.

(6) Lipowitz dans Simon, *Beitræge zur physiologischen und pathologischen Chemie und Mikroskopie in ihrer Anwendung prakt. Medic.*, in-8°. Berlin, 1843, t. I, p. 97. — Lipowitz dans Berzelius, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie pour* 1843. Stockholm, 1844. Paris, 1845, trad. franç., in-8°, p. 388.

(7) Lipowitz, *Sur la solubilité de l'acide urique dans les solutions salines* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1841, t. XXXVIII, p. 348).

vent en présence; de sorte que ces principes ne nuisent pas à la détermination de l'acide urique des urines (1). L'acide urique peut se dissoudre dans le sérum du sang, ainsi que l'a montré Ure en faisant digérer de l'acide solide dans une certaine quantité du liquide précédent. On peut ensuite précipiter l'acide à l'aide d'un acide plus puissant, comme le chlorhydrique. Il est facile de voir qu'il ne s'est pas opéré là une simple dissolution, mais que l'acide a disparu en se combinant à de la soude; si, en effet, après avoir filtré le liquide dans lequel s'est dissous l'acide urique, on lui ajoute de l'eau, il se précipite de l'urate de soude (2).

L'acide urique peut former à lui seul les graviers contenus dans le rein chez les individus atteints d'albuminurie (3). Wolf dit avoir trouvé de l'acide urique dans la sueur des goutteux (4); mais Lehmann n'a pas pu en rencontrer (5). M. Bell a montré aussi que l'acide urique pouvait être si abondant dans l'urine diabétique, qu'il se déposait au fond du vase (6).

L'acide urique a été figuré par un grand nombre d'auteurs et presque toujours exactement. Il l'a été surtout par Vogel (7), Simon (8), MM. Donné (9) et Rayer (10), dont les figures ont été copiées par la plupart des auteurs qui ont écrit sur ce sujet. Il a également été assez bien figuré par Harting (11), qui, le premier, l'a représenté tel qu'il cristallise quand il retient de l'eau de cristallisation à la suite de sa précipitation d'un urate alcalin par un acide. Golding Bird en a figuré exactement un certain nombre de formes (12). M. Rayer en a figuré d'adhérents à des poils dans un cas de pili-miction (13). Les figures de MM. Donné et Foucault ont

(1) Heintz, *Ueber die quantitative Bestimmung der Harsaeure* (*Arch. für physiol.*, von. J. Müller, 1846, p. 383).

(2) Ure, *Solubilité de l'acide urique dans le sérum du sang* (*Archiv der Pharm.*, 1846, t. XCV, p. 65).

(3) Girardin, *Anal. des graviers existant dans les reins d'un homme mort d'albuminurie* (*Journ. de pharm. et de chim.*, 1846, t. X, p. 184).

(4) Wolf, *Dissertatio sistens casum calculositatis*, in-8°. Tubinyse, 1817.

(5) Lehmann, *Lehrbuch der physiol. Chemie*, in-8°, 1850, t. I, p. 223.

(6) Bell, article Diabètes, dans *Dict. des sciences médic. pratiques*, in-8°, t. V, non terminé. Sans date, p. 108.

(7) Vogel, *Anleitung zur Gebrauch des Mikroskops zur zooschemischer Untersuchung*. Leipzig, 1841, in-8°, pl. III, fig. 10.

(8) Simon, *Medicinisch-anal. Chemie*, 1842, t. II, fig. 23.

(9) Donné, *loc. cit.*, 1838. — Donné et Foucault, *Atlas du cours de microscopie*, in-fol., 1845, fig. 47 et 48.

(10) Rayer, *loc. cit.*, 1839, t. I, pl. 1re.

(11) Harting, *loc. cit.*, 1848, vol. III, pl. III, fig. 68.

(12) Golding Bird, *Urinary deposits*, etc., in-12. London, 1846, fig. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, p. 92, 93, 94, 95, 96.

(13) Rayer, *Recherches sur le trichiasis des voies urinaires et sur la pilimiction* (*Comptes rendus et Mémoires de la Soc. de biologie*, in-8°; Paris, 1850, p. 167, pl. II, fig. 2 et 3).

été copiées par J.-C. Bowmann, qui n'en signale pas la source, et les a placées au milieu d'autres mauvaises figures. Ce même chimiste a encore plagié de la même manière les figures tant de l'oxalate de chaux que du phosphate ammoniaco-magnésien des mêmes auteurs. Nous devons signaler le fait ici, ayant omis de le faire à propos de ces principes; il faut également être prévenu qu'à part les figures prises dans l'atlas Donné et Foucault, toutes celles du manuel de Bowmann sont mauvaises et peuvent induire en erreur. Telles sont celles de l'acide hippurique, de la cystine, etc. Nous prévenons de ces faits pour ne plus être obligé d'y revenir (1).

Marvis Wilson a vu que l'acide urique prend aussi la forme de sablier (2). Frick a également vu et figuré le même fait; il considère ces formes en sablier d'acide urique comme provenant de désagrégation des cristaux d'acide urique. Nous n'avons jamais vu d'autre forme se rapprochant de celle *en sablier* que les cristaux aplatis figurés pl. XV, fig. 3, *a*, *b*, *c*, qui quelquefois présentent un étranglement médian plus considérable. Les figures sur bois ne rendent pas assez nettement ces formes pour qu'on puisse bien juger la valeur de ce qu'ont représenté les chimistes dont nous parlons. Frick (3) a également figuré plusieurs autres formes dont quelques unes se rapprochent de celles de notre planche XV, mais sans qu'on puisse l'affirmer d'après les raisons ci-dessus indiquées. Bennett a également représenté les formes losangiques et les *groupements étoilés* de l'acide urique (4). Ayant déjà mentionné dans le cours de ce chapitre tous les auteurs qui, environ à la même époque ou postérieurement à ces derniers, ont fait avancer indirectement nos connaissances sur l'acide urique considéré comme partie constituante de l'organisme et non pas seulement comme composé chimique, nous nous abstiendrons de les citer de nouveau. Nous disons indirectement, car presque jamais ce corps n'a été étudié comme principe immédiat, mais presque toujours, le prenant comme composé chimique, il a été poursuivi, même par les médecins jusque dans les sels de soude, de potasse ou de chaux qu'il forme çà et là, soit normalement, soit pathologiquement, dans l'organisme.

(1) J.-E. Bowmann, *A handbook of medical chemistry*, in-12. London, 1850, fig. 33, 38, 39, 40, 43, etc., p. 62, 88, 89, etc.

(2) Marvis Wilson, *The Lancet*. London, 1850, p. 177.

(3) Frick, *Renal affections*, in-8°. Philadelphia, 1850, fig. 1, p. 59; fig. 2, p. 61; fig. 7, p. 76.

(4) H. Bennett, *Lectures on clinical medicine*, in-8°. Edinburgh, 1851, p. 220, fig. 96 et 97.

CHAPITRE XXXVIII.

URATE DE SOUDE NEUTRE.

Synonymie : *Lithiasite de soude* (Guyton de Morveau (1)), quelquefois appelé *acide rosacique.* $NaO. C^5HAz^2O^2. + HO$.

1012.— Cet urate existe dans l'urine des carnivores à l'état normal, dans les calculs et graviers urinaires, les concrétions tophacées péri-articulaires des goutteux, et dans les dépôts pulvérulents de l'urine. MM. Sam. Bigelow et L. Smith ont constaté que ce sel existe rarement dans les calculs urinaires et toujours en petite quantité ; cependant il s'y trouve, quoique beaucoup d'auteurs n'en parlent pas. Il existe dans l'urine des herbivores qu'on prive d'aliments jusqu'au moment où leur urine devient acide, et où il s'y développe de l'urée. Il en existe dans l'urine des veaux qui, se nourrissant encore principalement de lait, ont l'urine acide et pourvue d'urée.

M. J. Regnauld pense avoir constaté l'existence de traces d'urates dans l'eau de l'amnios ; c'est probablement l'urate de soude, le plus commun des urates, qui existe alors dans ce liquide. Il paraît qu'il en existe aussi dans le sang, où Garrod dit en avoir trouvé, du moins dans le sang des goutteux (2).

Le dépôt qu'on remarque dans la fièvre, et dans presque toutes les maladies accompagnées de fièvre intense, n'est pas de l'acide urique amorphe, comme on l'a cru pendant longtemps, ni même de l'urate d'ammoniaque, comme on le croit encore généralement. Ce sédiment est formé presque uniquement d'urate de soude et d'un peu d'urate de chaux avec des traces d'urate d'ammoniaque (3). L'urate d'ammoniaque est très rare dans l'organisme, de même que les autres sels d'ammoniaque, cependant il s'en trouve évidemment dans certains sédiments ; mais ce n'est jamais ce sel qui

(1) GUYTON DE MORVEAU, article ACIDE de l'*Encyclopédie méthodique ;* CHIMIE, 1786, t. I, p. 417.

(2) GARROD, *Medico-chirurgical transactions*, 1848, t. XXXI, p. 83.

(3) HEINTZ, *Ueber die harnsaueren Sedimente* (*Arch. fuer Anat. und Physiol.*, von J. Müller, 1845, p. 230).

forme la partie essentielle du dépôt, c'est l'urate de soude.

Il ne forme jamais à lui seul des calculs entiers, mais on le rencontre assez couvent concourant avec d'autres sels pour former des couches concentriques. C'est lui qui forme le plus fréquemment le sable vésical et rénal, surtout avec l'urate d'ammoniaque et quelquefois avec celui de chaux.

1013.— Ce sel, quand il est pur, cristallise seulement en groupes mamelonnés ou mamelons isolés, formés sans doute de très petites aiguilles fortement et intimement réunies ensemble. Dans l'organisme, on ne le trouve jamais cristallisé. Heintz a en effet constaté que l'urate de soude et celui d'ammoniaque sont cristallisables, chacun pris isolément, mais qu'ils ne cristallisent plus quand ils sont mélangés et unis chimiquement l'un à l'autre. Sachant que les dépôts spontanés de l'urine dont nous venons de parler sont formés principalement de ce sel, bien plus que d'urate d'ammoniaque et de chaux, nous reproduisons ici la figure qui représente ce dépôt, telle que MM. Donné et Foucault l'ont obtenue à l'aide du daguerréotype (1). Se basant sur les connaissances de cette époque, M. Donné la donne comme représentant l'urate d'ammoniaque, parce qu'il pensait que ce sel formait la majeure partie du dépôt.

Les sédiments dans lesquels on trouve l'urate neutre de soude sont pulvérulents. Chaque granule est noirâtre en raison de son opacité, ou brunâtre. Ils sont de forme sphéroïdale ou ovoïde, quelquefois un peu plus renflés à une extrémité qu'à l'autre, ou aux deux extrémités qu'au centre. Leur périphérie est nettement limitée, noire ou brunâtre; leur centre est d'un brun jaunâtre ou rougeâtre plus ou moins intense (pl. XVIII, fig. 2). Le volume et l'aspect représentés en *a*, *b*, sont plus communs que ceux représentés dans le reste de la figure.

1014.—Ce principe apparaît dans l'économie à une époque qui n'est pas encore bien déterminée. On ne peut se guider,

(1) Donné et Foucault, *Atlas du cours de microscopie*, in-fol. Paris, 1845, fig. 49.

pour juger de l'époque de l'apparition de ce sel, que sur le fait indiqué par notre collègue M. J. Regnauld, qui en signale l'existence probable dans l'eau de l'amnios, laquelle, comme on sait, reçoit l'urine du fœtus. Une fois apparu, il persiste chez l'homme et les carnivores pendant toute la vie de l'individu. Chez les herbivores seulement, sa durée n'est que temporaire, puisqu'il disparaît dès que l'urine devient alcaline à l'époque du sevrage, quand l'animal se nourrit de végétaux. Sa durée n'est que temporaire ou accidentelle, quand on détermine sa formation dans l'urine en privant l'animal d'aliments, ou en le nourrissant de viandes pendant quelque temps.

1015. — On ne sait pas quelle est la quantité d'urate de soude qui existe dans l'économie à chacune des périodes de la vie, ni même celle qu'on pourrait retirer de l'urine. Les chimistes ne se sont jamais occupés des urates de l'urine, mais de l'acide qui en fait partie, pris en masse. Ceux d'entre eux qui, comme MM. Donné, Heintz, Quévenne ont cherché à déterminer la nature des urates, n'ont pas déterminé leur quantité relative. Lehmann en indique 52 pour 100 dans un dépôt tophacé du métacarpe.

1016. — L'urate de soude peut se rencontrer dans l'économie alternativement à l'état liquide dans le sang, et à l'état solide dans l'urine, les calculs urinaires ou articulaires. Toutefois, normalement il reste à l'état liquide, sans doute par dissolution directe, car les autres sels ne semblent pas beaucoup venir en aide à la solubilité de ce principe, ce que montre sa facile précipitation dans les urines qui en contiennent.

1017. — Les sédiments formés par l'accumulation de ces grains d'urate de soude (plus un peu d'urates de chaux et d'ammoniaque) ont une couleur qui varie depuis le blanc mat ou légèrement verdâtre, jusqu'au blanc rosé, au rose, et même au rouge vif, de manière à simuler un dépôt de sang épanché dans l'urine. Ce principe conserve dans l'économie ses principales propriétés chimiques; ainsi, qu'il soit liquide ou déposé à l'état solide, on peut en chasser l'acide urique avec un acide plus puissant, avec l'acide acétique, par exemple. Cette réaction

sert, comme nous l'avons déjà dit, à déterminer la nature des dépôts urinaires de ce genre. Lorsqu'on fait pénétrer une goutte de cet acide, ou d'acide chlorhydrique étendu, entre les deux lames de verre où est déposé l'échantillon du sédiment qu'on étudie, on pourra voir, à mesure que la dissolution s'opère, des cristaux d'acide urique qui naissent sous les yeux de l'observateur (voy. pl. XIII, fig. 1 et 2, et pl. XIV, fig. 1). Ces cristaux, d'abord très petits, commencent par un point, s'accroissent et grandissent peu à peu, et bientôt on reconnaît la forme de lames rhomboïdales propres à l'acide urique. Dans cette expérience, l'acide employé décompose l'urate, s'empare de la base et met l'acide à nu.

Dans les dépôts accidentels spontanés ou dans les dépôts morbides et dans les calculs, il est habituellement uni à des urates de potasse, d'ammoniaque ou de chaux. On l'a trouvé associé au phosphate de chaux, à l'ammoniaco-magnésien, et au carbonate de chaux et de magnésie. Il ne se trouve jamais que des traces de principes albumineux dans la substance des produits organiques qu'il concourt à former en s'unissant aux composés que nous venons d'énumérer.

1018. — Pour les chimistes, l'acide urique est évidemment un produit de combustion des matières azotées neutres ; produit moins brûlé que l'urée, puisque celle-ci n'est représentée que par de l'acide carbonique et de l'ammoniaque. Pour eux, les animaux qui, dans un temps donné, développent le moins de chaleur, sont ceux qui fournissent le plus d'acide, et les Reptiles sont là pour prouver le fait. Chez l'homme aussi le repos et une alimentation très azotée déterminant la formation plus abondante de cet acide, et la production des maladies caractérisées par un excès de formation de ce corps, servent d'arguments favorables à l'hypothèse. Malheureusement, pour le fait de la combustion, il se trouve que tous les herbivores ont des urines dépourvues d'urates et d'acide urique, si ce n'est lorsqu'on les tient longtemps à la diète ; pourtant, d'autre part, il paraît certain que dans la masse de végétaux qu'ils ingèrent chaque jour, il se trouve à peu

près autant de substances azotées que dans la nourriture des carnivores. Ici comme dans le cas de la production de l'acide carbonique, le fait, quoique chimique au fond, est bien plus complexe, soumis à un bien plus grand nombre de conditions susceptibles de varier à l'infini, que ne l'est la combustion.

Il est bien certain qu'il existe une relation entre le fait de la production de l'acide urique et l'alimentation, et peut-être aussi le plus ou moins d'exercice; mais il faut tenir compte de nombre d'autres phénomènes intermédiaires. Nous sommes encore loin d'avoir établi la relation exacte qui existe entre la production de l'acide urique et les conditions complexes qui la déterminent.

Ici donc, comme pour le cas de l'acide carbonique, il ne faut admettre l'hypothèse de la combustion que provisoirement, faute de mieux, et se tenir prêt à la rejeter dès que l'on pourra la remplacer par une autre plus en rapport avec la complication des phénomènes offerts par la matière des corps vivants. Or nous avons vu déjà qu'à la place de la notion de combustion de l'hydrogène et du carbone par l'oxygène, avec dégagement de composés nouveaux qui en résulteraient, il faut substituer celle du dédoublement des substances organiques en deux ou plusieurs espèces de principes cristallisables. Ce ne sont pas en effet les conditions de la combustion qui se rencontrent dans l'organisme, ce sont celles des actes chimiques indirects connus sous le nom de *catalyses*, mais non celles dites *fermentations* et putréfaction, sauf quelques cas morbides. Maintenant, quant à la formation de l'urate de soude, ce sont les substances organiques azotées qui fournissent les matériaux de l'acide qui, au fur et à mesure de sa formation, s'empare d'une partie de la base de quelques uns des sels de soude qui sont en sa présence, tels que le phosphate ou des carbonates d'après Liebig (1). On ne saurait dire d'une manière précise quelles sont les espèces de substances organiques qui cèdent une

(1) Liebig, *Nouvelles lettres sur la chimie*. Trad. fr., in-12, Paris, 1852, p. 174.

partie de leurs éléments pour la formation de l'acide, s'il n'y a qu'une ou deux de ces espèces ou si toutes le font. Le lieu précis de cette formation n'est pas connu non plus, et, par suite, il en est de même des conditions exactes du phénomène; c'est-à-dire qu'on ne sait pas encore si c'est dans le sang ou bien dans telle ou telle glande vasculaire, tel ou tel tissu, d'où le principe passerait dans le sang. Quoi qu'il en soit, on sait que ce n'est pas dans le rein, car le sang renferme ce principe, et pour tous les autres principes qui sont mieux connus, cet organe n'est qu'un organe d'élimination.

Pour ce qui regarde l'influence de la nature des aliments sur la production des sels à acide urique, on sait que les jeunes herbivores qui se nourrissent encore de lait ont des urates en quantité marquée dans leurs urines. La nature des aliments a, du reste, très peu d'influence sur la quantité d'acide urique (ou mieux d'urates) excrété, car des expériences ont démontré que la quantité d'acide urique excrété par une personne qui avait pris une nourriture tant animale que végétale, était de 1gram.,1. La nourriture purement animale augmenta la formation de l'acide urique seulement jusqu'à 1gram.,4, et la nourriture végétale la ramena à 1,0. Les fonctions de la peau, c'est-à-dire la plus ou moins abondante transpiration, augmentent ou diminuent la quantité d'acide urique (urates) dans l'urine. En hiver, l'urine contient plus d'acide urique qu'en été, et après une abondante transpiration, l'urine est moins riche en urates qu'auparavant (1).

M. Leroy (d'Etiolles) a vu fréquemment ce sel se former en grande quantité, ainsi que l'urate d'ammoniaque, chez les malades soumis à l'usage des eaux alcalines, et quelquefois le premier a donné naissance à des calculs vésicaux.

L'urate de soude s'échappe par les voies urinaires; là dans certains cas une portion est décomposée dans l'urine, peut-être comme nous l'avons dit page 366, et de l'acide urique est mis en liberté.

(1) Lehmann, *Lehrbuch der phys. Chem.*, 1850, Bd. I, s. 218.

1019. — *Extraction.* On ne connaît pas encore de procédé à l'aide duquel on puisse isoler l'urate de soude des autres sels avec lesquels il est uni. Sa présence n'a jamais été déterminée qu'en dosant, d'une part, la quantité totale d'acide urique du dépôt ou de la concrétion analysée, et, d'autre part, séparément la quantité de soude, etc. Ce procédé reste donc encore à trouver, car nul principe immédiat ne peut être considéré comme bien déterminé que lorsqu'il est obtenu isolé de tout autre.

Nous ne dirons rien ici sur la manière de déterminer d'une part l'acide urique, d'autre part la soude ; car ces procédés sont entièrement les mêmes que ceux employés habituellement en chimie, et ne présentent rien de particulier à ajouter à ce que nous avons dit sur la manière d'extraire les principes des concrétions en général (t. I, ch. IV).

1020. — *Historique.* L'histoire de l'urate de soude montre, mieux que celle de tout autre principe que ce soit, l'état imparfait dans lequel se trouve l'étude des principes immédiats. Elle montre combien son utilité a été méconnue par les chimistes et les anatomistes, faute de doctrine scientifique, malgré les recommandations méthodiques de M. Chevreul. D'autre part, elle sert de critique aux fautes commises jusqu'à présent à cet égard, et en même temps elle met en relief la nécessité de déterminer nettement, d'après les connaissances chimiques de l'époque, chaque espèce de principe immédiat pour en faire ensuite l'histoire anatomique. Croirait-on que nulle analyse chimique de l'urine, même des traités récents, n'indique l'urate de soude dans l'urine? C'est toujours l'acide urique dont on parle.

L'urate de soude se trouve indiqué comme tel pour la première fois par Tennant (1) dans le tuf arthritique ; puis par Wollaston, qui le trouva dans des concrétions articulaires, et il montra que le tuf articulaire n'est pas formé de phosphate de chaux, comme on l'avait cru, mais bien du sel dont nous parlons (2). Fourcroy et Vauquelin en ont également trouvé dans l'urine de cheval (3) et dans les concrétions arthritiques (4), peu après Wollaston ; ils indiquent, comme lui, que ce principe est accompagné de matière animale et de phosphate de chaux (5). Vogel en a également trouvé dans les mêmes concrétions (6). John est le seul qui ait

(1) TENNANT, *Journ. de phys.*, 1795, t. XIV.

(2) WOLLASTON, *On gouty and urinary concretions* (*Transact. phil.*, 1797, p. 11).

(3) FOURCROY et VAUQUELIN, *Mém. de l'Institut national*, an VII (1798), t. II, p. 431.

(4) FOURCROY, *Ann. du Muséum d'histoire naturelle*, an IX (1802), t. I, p. 93.

(5) VAUQUELIN dans GUILBERT, *De la goutte et des maladies goutteuses*, in-8°, 1820, p. 96.

(6) VOGEL, *Gell. gelehrte Anzeig.*, 1813, p. 1192.

indiqué directement l'urate de soude (1), comme principe constituant de l'urine : il le trouva dans l'urine d'un goutteux.

M. Leroy (d'Étiolles) signale que ce sel se forme facilement sous l'influence du traitement par les eaux alcalines et autres alcalins ; il a vu dans ce cas se former un calcul dont la couche extérieure était de l'oxalate de chaux, la moyenne de l'urate de soude, et le noyau était formé d'acide urique (2). Nous avons déjà cité Heintz (3) comme ayant montré que les sédiments dont nous venons de parler sont formés en grande partie d'urate de soude, et contiennent moins d'urate d'ammoniaque que ne le pensent quelques auteurs. Nous avons dit aussi que nous avions toujours trouvé de l'urate de soude dans l'urine, sel qui se dépose mêlé à d'autres urates sous forme de granulations arrondies ou ovales, noirâtres, isolées ou groupées par simple évaporation de l'urine.

La présence de l'urate de soude dans le sang a été soupçonnée depuis longtemps ; car il faut rapporter à ce principe ce que beaucoup d'auteurs disent de l'acide urique. Mazuyer le premier en admit dans le sang des goutteux, d'après ce fait seul qu'on en trouve dans les incrustations de leurs artères (4) ; puis Copland avança, en 1837, mais sans preuves, que l'*urée* ou l'*acide urique* pouvaient exister dans le sang des goutteux et se déposer dans les différentes articulations, etc. (5). Ce n'est que récemment que des expériences directes ont été faites dans ce but par le docteur Garrod (6), qui a opéré de la manière suivante sur le sang des goutteux. Du sérum du sang fut desséché, puis traité par l'alcool bouillant. Le résidu fut traité cinq ou six fois par l'eau, et les solutions aqueuses furent évaporées jusqu'à consistance d'extrait. Une petite portion, traitée par l'acide nitrique et exposée à la vapeur d'ammoniaque, donna la teinte rouge caractéristique de *murexide*. Le résidu total, traité par l'acide chlorhydrique, laissa déposer des cristaux d'acide urique. Dans une autre portion de sang traitée de la même manière, mais non acidulée, la solution aqueuse laissa déposer, par le repos, une grande quantité de cristaux d'*urate de soude* dans la proportion de 0,050 pour 100. On put de ces

(1) John, *Chem. Untersuchungen anim., veget. und miner. Subst.* Berlin, 1811, p. 40.

(2) Leroy (d'Étiolles), *Calculs vésicaux observés chez des malades soumis à l'usage des eaux alcalines. Calcul très dur d'urate de soude* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, in-8°, 1839, t. IX, p. 821).

(3) Heintz, *loc. cit.* (*Arch.* de Müller, 1846).

(4) Mazuyer, *De la présence de l'acide urique dans le sang considérée comme cause de la goutte* (*Arch. gén. de méd.*, 1826, t. XI, p. 132).

(5) Copland, *Dictionary of practical med.*, 1837, t. I, p. 188, article Blood.

(6) Garrod, *Observ. on certain pathologic. conditions of the blood and urine, in gout, rheumatism and Bright's disease* (*Medico-chirurg. transact.*, 1848, t. XXXI, p. 83).

cristaux précipiter de l'acide urique. Garrod dit, en outre, en avoir trouvé autant chez les individus bien portants ou seulement indisposés, que chez les malades atteints de rhumatisme aigu. Il n'en a pas trouvé dans le sang de pigeon ni dans celui du mouton. M. Laroque en a trouvé dans une concrétion arthritique (1). Proust (et non Prout, ainsi que l'indiquent plusieurs auteurs) a le premier (2) fait voir que les sédiments rouges de l'urine renferment de l'urate de soude, et d'autant plus proportionnellement aux autres urates que les urines sont plus rouges. Wetzlar ensuite, quoique s'occupant principalement de l'acide urique, le considère comme étant dans l'urine à l'état d'urate de soude (3) et comme formant les sédiments normaux de l'urine. M. Guibourt (4) en a également trouvé dans les sédiments pulvérulents de l'urine normale quoique en très petite quantité, et M. Rayer (5) admet avec raison, d'après cela, qu'il en existe dans l'urine normale.

CHAPITRE XXXIX.

URATE ACIDE DE SOUDE.

$$NaO.\ 2\ (C^5H.\ Az^2O^2 + HO.)$$

1021. — Ce sel a été signalé dans l'urine de l'homme. Il s'y rencontre toujours, du moins nous ne l'avons jamais vu manquer dans les urines acides. Il en existe peut-être aussi dans la sueur d'après Landerer, mais le fait demande confirmation. Ce principe se rencontre aussi dans les dépôts arthritiques. Il a pu être confondu avec d'autres urates et même avec de l'acide urique, car la soude en faible proportion est difficile à reconnaître lorsqu'on a encore peu l'habitude des analyses anatomiques. De plus, dans l'examen des concrétions, l'acide nitrique employé à la place du chlorhydrique peut, au contact de l'acide urique ou d'un urate, se décomposer, et par un dégagement de gaz nitreux, faire croire au dégagement de l'acide d'un carbonate qui n'existe pas, et induire ainsi en erreur dans ces analyses opérées sur une très petite quantité de matière.

1022. — Il se rencontre quelquefois, quoique très rarement, à l'état cristallin dans les sédiments d'urate de soude, d'ammoniaque et de chaux pulvérulents dont nous avons parlé dans le chapitre précédent. Ce fait est déjà indiqué par M. Rayer, sans détermination précise de la nature

(1) Laroque, *Exam. d'une concrét. arthritique* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1843, t. III, p. 451).

(2) Proust, *Sédiment rouge de l'urine* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1820, t. XIV, p. 442).

(3) Wetzlar, *Beitrœge zur Kenntniss des menschichen Harnes und der Enstehung der Harnsteine*, in-12, 1821, p. 18.

(4) Guibourt dans Rayer, *Malad. des reins*. Paris, 1839, t. I, p. 99.

(5) Rayer, *loc. cit.*, 1839.

du principe (1). Ils se présentent alors sous forme de petits groupes de huit à quinze aiguilles de très petites dimensions, jaunâtres ou brunâtres, droites ou un peu courbées (pl. XVII, fig. 3, *c*), simplement entrecroisées, ou disposées sur une petite granulation ou petit globule central. Leur diamètre total est de 1 à 3 centimètres de millimètre. On ne trouve pas d'autre sel qui présente cet aspect dans les urines qui n'ont été soumises encore à aucun agent physique ou chimique. C'est ce mode de cristallisation, bien différent du groupement confus des petites aiguilles de l'urate neutre de soude, qui distingue l'un de l'autre ces deux principes. Dans les analyses ces deux principes ont toujours été confondus en un seul.

1023. — Il est en général à l'état liquide par dissolution directe dans l'urine comme l'urate neutre. Comme lui, mais bien plus rarement, il se précipite quelquefois à l'état solide.

1024.— *Procédés d'extraction.* Il est important de savoir que la détermination de ce principe dans l'économie et sa distinction de l'urate neutre ne reposent encore que sur la différence de leur mode de cristallisation. On n'est pas encore parvenu à les obtenir séparément isolés l'un de l'autre ; aussi est-il possible que, dans les dépôts spontanés de l'urine, il y ait, outre de l'urate neutre de soude et des urates de chaux et d'ammoniaque, une certaine quantité d'urate acide. L'étude chimique de ces sels n'est pas encore assez avancée pour que l'anatomie puisse en tirer tout le parti qu'elle a le droit d'en attendre. Il est probable que leur étude anatomique réagira sur la précédente et conduira à la pousser plus avant.

L'urate acide de soude est un des premiers sels qui se dépose dans les urines acides lorsqu'on les fait évaporer. Il se dépose en même temps que le phosphate de chaux et les urates de soude de chaux et d'ammoniaque. Il commence à se déposer un peu avant la créatine; tandis que les précédents forment des grains ovoïdes ou sphériques, etc. Celui-ci se dépose en masses sphériques formées d'aiguilles réunies fortement ensemble. Ces masses ont de 0,05 à 0,20 ; elles peuvent être elles-mêmes soit isolées (pl. XVII, fig. 3, *a*), soit réunies en groupes (*b*, *d*), assez facilement visibles à l'œil nu quand ils sont sur la plaque de verre.

Ces masses sont opaques, noires ou un peu transparentes, et alors un peu jaunâtres. Leur périphérie est quelquefois nette ; les aiguilles qui forment la petite sphère ne s'aperçoivent dans sa masse que comme des stries irradiées autour du centre ; mais ordinairement quelques aiguilles dépassent la périphérie. Nous avons figuré la disposition la plus commune dans laquelle on voit la surface de chaque sphère hérissée de petites pointes qui dépassent plus ou moins la circonférence de la sphère. Tantôt cette

(1) Rayer, *Malad. des reins*, 1838, t. I, p. 203.

circonférence se voit au travers des pointes d'aiguilles, comme un bord net; d'autres fois c'est un bord qui est vague, diffus, en raison du nombre des pointes qui font saillie. Lorsqu'on traite ces masses par l'acide acétique, elles se dissolvent assez lentement, deviennent d'abord plus pâles; leur aspect aciculaire devient très évident, et peu à peu elles disparaissent tout à fait (pl. XVII, fig. 3, *b*, *c*). Il se dépose de l'acide urique tel que celui figuré pl. XIII, fig. 2.

1025. — *Historique.* L'existence de ce principe n'est pas signalée dans les auteurs, et il a été toujours confondu avec le précédent, parce que l'analyse immédiate de l'urine n'a jamais été faite très méthodiquement, ou même souvent c'est l'analyse médiate qui a été employée.

Cependant il a été figuré exactement par M. Donné (1) et par M. Rayer (2). Ce sont leurs figures qui se trouvent reproduites dans un grand nombre d'ouvrages, que nous ne citerons pas puisqu'ils ne contiennent aucun fait nouveau. Il en existe cependant une figure originale dans le traité du microscope de Harting, mais assez médiocre (3). Landerer a trouvé que la sueur rouge acide qui imprégna la flanelle d'un fiévreux au creux de l'aisselle contenait le même sédiment rouge qui se rencontre dans l'urine pendant des accès de fièvre (4). Elle contiendrait, par conséquent, des urates de soude, faits qui sont encore à vérifier.

M. O. Henry dit avoir trouvé ce sel, quoique cependant sans avoir pu s'en assurer d'une manière absolue, dans une exsudation glutineuse qui suintait sur les mains d'un goutteux âgé de cinquante ans (5). Il était uni à des lactate et phosphate de soude et de chaux.

CHAPITRE XL.

URATE DE POTASSE.

1026. — Ce principe a été signalé dans l'urine et dans les sédiments, mais toujours en petite quantité.

Comme l'urate de soude, il est rare dans les calculs, et ne s'y trouve jamais qu'en petite quantité. Il se trouve soit dans les calculs d'acide urique presque pur, soit uni à d'autres urates (Sam. Bigelow et L. Smith).

1027. — Nous ne pouvons rien ajouter de plus sur ce principe, qui probablement accompagne l'urate de soude. Brandes dit en avoir trouvé dans

(1) Donné, *loc. cit.*, 1838.

(2) Rayer, *loc. cit.*, 1839, pl. II, fig. 4 et 5.

(3) Harting, *Het Microskoop*, etc., 1848, t. III, pl. III, fig. 70.

(4) Landerer, *Schweiss welcher der rothen Farbstoff des Harns enthält* (*Buchner's Repertorium*, 1836, p. 234).

(5) O. Henry, *Exsudation glutineuse sur les mains d'un goutteux* (*Journ. de pharm.*, 1841, t. XXVII, p. 623).

l'urine de chameau (1), mais M. Chevreul n'a pu en constater l'existence dans l'urine du même animal (2). John en a indiqué dans l'urine d'un cheval diabétique.

1028. — Fabriqué artificiellement, ce principe cristallise en petites masses arrondies, jaunâtres, comme les urates de soude et d'ammoniaque (Sam. Bigelow et Laurence Smith). On ne sait encore déterminer sa présence dans les calculs, etc., que par la détermination séparée de l'acide urique d'une part, de la potasse d'autre part.

CHAPITRE XLI.

URATE D'AMMONIAQUE.

Synonymie : *Sur-urate d'ammoniaque* ($AzH^3 . HO . 2 C^5HAz^2O^2 . HO$).

1029. — L'urate d'ammoniaque existe normalement dans l'urine, fait démontré par Prout, qui seulement en avait cru la quantité plus grande qu'elle n'est. Il existe aussi dans les concrétions et sédiments urinaires. Quelquefois, mais rarement, il forme à lui seul des calculs ou des graviers (3); mais il entre pour une certaine part dans la composition de beaucoup d'entre eux, ainsi que du sable urinaire des reins ou de la vessie. On l'a trouvé quelquefois formant le noyau de certains calculs.

Le plus souvent il est disposé sous forme de couches qui sont entièrement constituées par ce sel, et ont alors la couleur de la cendre; ou bien il existe avec lui de l'urate de magnésie ou de l'oxalate de chaux, etc.; alors sa couleur est variable (Bigelow).

Nous avons déjà dit, en traitant de l'urate de soude neutre, que l'urate d'ammoniaque a été considéré comme constituant principalement les sédiments accidentels plus ou moins colorés des urines normales; mais Heintz a démontré qu'il n'entre que pour une faible proportion dans leur composition.

1030. — Le même auteur a montré que ce sel, qui cris-

(1) Brandes, *Transact. philos.*, 1802, t. II, p. 372.

(2) Chevreul, *Note sur les urines de chameau et de cheval, et sur l'acide urique des excréments d'oiseaux* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 294).

(3) Yelloli, *Philosophical transactions*, 1829.

tallise en aiguilles quand il est pur et isolé, ne cristallise plus quand il est uni aux autres urates alcalins. Nous avons décrit précédemment la forme granulée que prend ce mélange de sels.

1031.— La quantité en poids de ce principe de l'urine est très minime, mais n'a jamais été précisée. Il importe seulement de savoir qu'elle est moindre qu'on ne le croyait autrefois, surtout dans les sédiments.

1032.— Ce principe, comme les autres urates, est généralement à l'état liquide par dissolution directe dans l'économie. Mais étant peu soluble, il peut, comme nous l'avons vu, se précipiter à l'état solide.

Les calculs ou les couches formées de ce sel sont les moins dures de toutes, surtout quand les concrétions sont encore humides. Les couches ou les calculs de couleur ardoisée sont formés quelquefois de ce sel. D'autres fois ils sont grisâtres ou bruns, de couleur cendrée, etc.

1033.— Dans l'urine, lorsqu'il s'est déposé à l'état solide, il peut être redissous par l'élévation de température du liquide. Il est décomposé par les acides et il se dépose de l'acide urique. Ce fait sert à distinguer les sédiments formés par ce sel et les autres urates, du dépôt pulvérulent de phosphate de chaux, lequel se dissout sans décomposition.

1034. — Habituellement l'urate d'ammoniaque, pour former la substance des calculs, est uni à l'acide urique, à de l'oxalate de chaux et à des phosphates de chaux ou ammoniaco-magnésiens. On le trouve aussi combiné aux autres urates alcalins, surtout dans le sable urinaire et les sédiments. Dans la *gravelle rouge* il est *mêlé* à l'acide urique, et forme avec lui ce que Berzelius a appelé le *sur-urate d'ammoniaque*.

Le reste comme au chapitre précédent.

1035.— *Extraction.* Comme pour les autres sels formés d'acide urique, on ne possède pas encore de procédé convenable pour le séparer des urines ou des urates avec lesquels il est combiné dans les sédiments. C'est en déterminant la quantité d'ammoniaque d'une part, et celle de l'acide urique de l'autre, qu'on parvient à constater la présence de ce sel ; procédé sujet à erreur, soit à cause de la facile décomposition de l'urée, soit parce que l'ammoniaque pourrait être combinée à d'autres acides.

Lorsque dans les calculs il forme des couches à lui seul, ou s'il n'est accompagné que d'une petite quantité d'autres urates, il suffit de dissoudre la substance dans une quantité d'eau distillée bouillante que l'expérience apprend bientôt à connaître, mais qui est toujours assez considérable. Par le refroidissement l'urate d'ammoniaque se dépose sous forme de groupes d'aiguilles très longues et déliées. Il se dépose en même temps ou non, suivant les espèces de calculs, de l'acide urique, des urates amorphes combinés ensemble. Dans ce premier cas l'excès d'urates d'ammoniaque cristallise de la manière que nous venons d'indiquer. Vues à un grossissement de 250 diamètres, ces masses cristallines apparaissent sous formes d'aiguilles très longues, extrêmement fines et délicates ; elles sont incolores ; mais dès que les groupes qu'elles forment atteignent une certaine épaisseur, ils deviennent opaques (pl. XVIII, fig. 1, *d*, *f*). Ces aiguilles sont généralement disposées en éventail, s'irradiant autour d'un point central (pl. XVIII, fig. 1, *b*, *a*, *d*). D'autres sont implantées, soit en groupes, soit presque isolément, sur des amas amorphes d'urates divers combinés ensemble (*b*). Ces aiguilles sont assez souvent aussi disposés en faisceaux, dont les extrémités sont élargies en éventail et le milieu resserré (*c*, *e*). Enfin, on trouve un mode de groupement de ces aiguilles qui est plus rare que les précédents, mais offre une grande régularité et beaucoup d'élégance. Ce sont des amas sphériques de ces aiguilles, amas dont le centre est opaque et la périphérie formée par une quantité innombrable d'aiguilles extrêmement délicates, et dont çà et là quelques unes dépassent les autres (*f*). Le lactate de chaux peut seul former des groupes qui ressemblent, bien que fort peu, à ces amas surtout, quand on tient compte du volume de ceux-ci ; mais la facilité avec laquelle, sous le microscope, un acide précipite de l'acide urique des urates ammoniacaux, tandis qu'il ne fait que dissoudre le lactate, permet de distinguer facilement ces deux principes.

Les groupements d'urate acide d'ammoniaque que nous venons de décrire ont été extraits de calculs urinaires par M. le docteur Samuel Bigelow, qui avec M. Laurence Smith nous a fourni l'occasion de faire beaucoup d'autres dessins de ce genre pendant de longues et difficiles recherches qu'il a exécutées sur ce sujet dans notre laboratoire.

1036. — *Historique.* John (1) signale Guyton de Morveau comme ayant découvert un calcul entièrement formé d'urate d'ammoniaque, dès 1797. Nous n'avons pu, comme pour la plupart des citations de ce chimiste, retrouver le fait au lieu indiqué (2). Ce principe a réellement été découvert par Fourcroy et Vauquelin, qui le trouvèrent dans les calculs

(1) John, *Tableaux chimiques du règne animal*, trad. franç. Paris, 1816, p. 87.

(2) Guyton de Morveau, *Ann. de chim.*, 1797, t. XXVII, p. 294.

vésicaux (1), découverte qui fut vérifiée peu après par Volta et Brugnatelli (2). Fourcroy et Vauquelin signalèrent ensuite (3) toutes les dispositions qu'il peut présenter, soit comme couches de calculs, soit comme noyau, soit seul, soit uni à d'autres principes. Depuis lors il a été signalé fréquemment dans les calculs et graviers urinaires de l'homme seulement. Il faut venir jusqu'à Proust d'abord (4), puis à Prout (5), pour voir ce principe indiqué comme existant dans l'urine. Nous avons vu qu'il s'en exagéra la quantité, ce qu'ont fait beaucoup d'auteurs aussi, relativement surtout aux sédiments accidentels des urines normales, ou ceux de beaucoup d'affections, jusqu'à ce que Wetzlar (6) et Heintz (7) aient fait connaître que c'était l'urate de soude qui prédomine. M. Lassaigne a trouvé de l'urate d'ammoniaque avec du phosphate de chaux dans un calcul urinaire de chien (8). Henry dit avoir trouvé de l'urate acide d'ammoniaque dans la proportion de 0,23 pour 4,50 d'un calcul vésical formé principalement d'acide urique (9). M. Lassaigne a trouvé un calcul rénal de chien contenant 88,80 pour 100 d'urate d'ammoniaque, le reste était du phosphate et de l'oxalate de chaux (10). Ce sel a également été trouvé dans des calculs préputiaux (11). Nous n'avons pu trouver de figures de l'urate d'ammoniaque autres que celles où sont représentés les sédiments formés par un mélange de ce principe et d'autres urates, que dans le traité du microscope de Harting (12). Cette figure est assez bonne.

(1) Fourcroy et Vauquelin dans Fourcroy, *Lettre au citoyen Gioberti, contenant quelques résultats de ses travaux sur les calculs urinaires* (*Ann. de chim.*, 1798, t. XXX, p. 57).

(2) Volta et Brugnatelli, dans Brugnatelli, *Observations sur la nature du calcul de la vessie* (*Ann. de chim.*, 1797, t. XXVII, p. 72, et *loc. cit.*, 1799, t. XXXII, p. 183).

(3) Fourcroy et Vauquelin, *Sur l'anal. des calculs urinaires* (*Ann. de chim.*, 1798, t. XXXII, p. 213).

(4) Proust, *Sédiment rouge de l'urine* (*Ann. de chim. et de phys.*, 1820, t. XIV, p. 442).

(5) Prout, *An inquiry into the nature and treatment of diabetes, calculus*, etc., in-8°. London, 1821.

(6) Wetzlar, *loc. cit.*, 1841.

(7) Heintz, *loc. cit.* (*Arch.* de Müller, 1845).

(8) Lassaigne, *Anal. de plus. calculs et concrét. trouv. dans diff. animaux* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1818, t. IX, p. 325).

(9) Henry, *Anal. d'un calcul très volumineux extrait de la vessie d'une femme d'Angers* (*Journ. de pharm.*, 1825, t. XI, p. 131).

(10) Lassaigne, *Obs. chimiq. sur un calcul rénal trouvé dans le chien* (*Journ. de chim. méd.*, 1828, t. IV, p. 361).

(11) Boutigny, *Anal. des calculs préputiaux* (*Journ. de chim. méd.*, 1833, t. IX, p. 336).

(12) Harting, *Het Microskoop*, etc. Utrecht, 1848, vol. III, pl. II, fig. 69.

CHAPITRE XLII.

URATE DE CHAUX.

Synonymie : *Lithiasite calcaire*, Guyton de Morveau (1).

1037. — Ce principe existe probablement dans l'urine, sinon d'une manière constante, au moins temporairement. Pourtant sa présence n'a jamais été signalée dans ce liquide. Il entre dans la composition de quelques calculs urinaires, mais toutefois assez rarement. MM. Sam. Bigelow et Laurence Smith ont observé que c'est surtout dans les calculs phosphatiques qu'on le trouve. Il n'y en a, du reste, jamais que des traces. Il existe un peu plus fréquemment dans le sable urinaire de la gravelle, principalement de la phosphatique. M. Leroy (d'Étiolles) a trouvé qu'il existe fréquemment (sept fois sur neuf) avec le carbonate de chaux et l'urate de soude, dans les calculs qui se forment chez les individus soumis au traitement par les eaux alcalines.

C'est peut-être à l'urate de chaux qu'il faut rapporter les 14 pour 100 d'acide urique trouvés par Landerer (2) dans une concrétion de l'aorte d'un individu atteint d'hydrothorax, concrétion formée en outre de phosphate de chaux, de carbonate de chaux et de magnésie.

Il concourt avec les urates de soude et de potasse, ainsi qu'avec les phosphates de même base, à former les concrétions des goutteux. Hérapath (3) en a trouvé 14,76 pour 100 dans des concrétions de ce genre où il y avait 43,97 des deux urates ci-dessus, et Lehmann en indique 1,25 pour 100 dans une concrétion tophacée du métacarpe; le reste était de l'urate de soude, des sels fixes, de l'eau et du tissu cellulaire.

1038. — Dans les cas où il a été trouvé, il était combiné à l'acide urique, au phosphate de chaux et aux urates alcalins. Prout dit en avoir trouvé dans un calcul formé principalement de carbonate de chaux.

1039. — *Extraction.* M. Bigelow a constaté que ce principe, fabriqué artificiellement et pur, cristallise en petits grains arrondis, jaunâtres, à bords foncés. On ne connaît pas de procédé permettant de l'extraire des calculs dans lesquels il se trouve. On a constaté sa présence en déterminant d'une part la présence de la chaux, et de l'autre celle de l'acide urique.

1040. — *Historique.* Déjà Bergmann avait noté que les calculs d'acide

(1) Guyton de Morveau, article Acide de l'*Encyclopédie méthodique ;* Chimie, 1786, t. I, p. 411.

(2) Landerer, *Anal. d'une concrét. de l'aorte* (*Repert. für die Pharm.*, 1847, t. XLV, p. 60).

(3) Hérapath, *Anal. de concrét. articul.* (*Arch. der Pharm.*, 1849, t. CVIII, p. 198).

urique contiennent quelquefois un demi pour 100 de chaux (1), mais il faut venir jusqu'à John pour trouver l'urate de chaux indiqué d'une manière précise. Il le trouva dans l'urine d'un goutteux (2). Vogel en trouva aussi dans des concrétions arthritiques (3), et John dans l'urine d'un cheval diabétique. C'est sans doute à l'état d'urate de chaux et de soude que se trouvaient l'acide urique, la chaux et la soude dont Wurzer signale une grande quantité dans une concrétion articulaire chez un goutteux (4), et M. Leroy (d'Étiolles) l'a trouvé sept fois sur neuf dans les calculs des malades qu'il a lithotritiés après un traitement par les alcalins (5). De l'urate de chaux uni à celui de soude a été trouvé par Laugier dans une concrétion d'un goutteux (6).

CHAPITRE XLIII.

URATE DE MAGNÉSIE.

MM. Samuel Bigelow et L. Smith ont montré que, contrairement à ce qu'on pensait généralement, l'urate de magnésie est très commun dans les calculs urinaires ; c'est même uniquement dans des produits de cette nature qu'il a été trouvé chez l'homme. Il est probable cependant qu'il en existe dans l'urine humaine. Dans les calculs il se trouve uni soit à l'acide urique, au phosphate ammoniaco-magnésien, au phosphate de chaux ou à l'urate d'ammoniaque. Il existe dans le musée Dupuytren un seul calcul formé presque entièrement d'urate de magnésie. Il n'est pas aussi rare qu'on le pense généralement de trouver des couches de certains calculs formées presque entièrement de ce sel.

Ce principe a été trouvé en quantité très notable dans l'urine de veau, par Woehler ; il se précipite en même temps que l'allantoïne quand le liquide arrive à un degré de concentration suffisant pour prendre la consistance sirupeuse (7). On n'a pas encore signalé sa présence dans l'urine de l'homme, cependant il est probable qu'il en existe une certaine quantité dans cette humeur ainsi que nous l'avons fait remarquer.

(1) Bergmann, *Acta Acad. reg. Suecicæ*, anno 1776, p. 333.

(2) John, *Chemische Untersuchungen anim., veget. und miner. Subst.* Berlin, 1811, in-8°, p. 40.

(3) Vogel, *Gœtt. gelehrte Anzeig.*, 1813, p. 1192.

(4) Wurzer, *Jahrbuch der Chem. und Pharm.*, 1828, t. II, p. 374.

(5) Leroy (d'Etiolles), *Calculs vésicaux observés chez les malades soumis à l'usage des eaux alcalines. Calcul très dur d'urate de soude* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1829, t. IX, in-4°, p. 821).

(6) Laugier, *Examen d'une concrét. arthritique* (*Journ. de chim. méd.*, 1825, t. Ier, p. 6).

(7) Wolhler, *Présence de l'allantoïne dans l'urine de veau* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXX, p. 229).

1041. — *Extraction.* Dans l'étude des calculs, on commence en général par déterminer la présence de l'urate de magnésie comme celle des autres urates, c'est-à-dire qu'on brûle l'acide du sel et qu'on cherche par les réactifs quelle est la base qui reste. Une fois que, par cette *analyse chimique* qui ne peut être considérée que comme préliminaire, on a reconnu approximativement de quel corps il s'agit, on procède à l'*analyse anatomique*, c'est-à-dire à l'extraction de l'urate en tant qu'urate, comme sel de magnésie et non comme acide urique et magnésie. Pour cela, on traite par l'eau bouillante en grande quantité la couche du calcul qui renferme l'urate de magnésie et on laisse le sel se précipiter par refroidissement lent. On voit alors se déposer les cristaux que nous allons décrire, cristaux préparés par le docteur Samuel Bigelow, d'après ce procédé à l'aide duquel il a obtenu le premier l'urate de magnésie cristallisé.

La forme des cristaux d'urate de magnésie et de leurs groupements permet de toujours reconnaître ce principe partout où il se trouve, une fois qu'on les a observés ou qu'on a vu seulement les figures qui les représentent.

Ce sel cristallise dans le système rectangulaire droit. Il est rare de trouver des cristaux ayant la forme type ; pourtant M. Samuel Bigelow en a obtenu quelquefois qui se déposaient en prenant toujours un grand volume, c'est-à-dire une longueur de 1 à 3 millimètres, sur une largeur quatre à cinq fois moindre (pl. XVIII, fig. 2). Ces cristaux présentent ordinairement un décroissement sur deux arêtes de la base (*a*, *b*, *c*). Dans certains cas, le décroissement va jusqu'à formation d'un biseau (*d*, *e*). Quelques uns, comme nous avons dit, ne présentent aucun décroissement (*f*, *g*). Enfin, il y en a qui présentent des anomalies, consistant en décroissement sur les arêtes d'une seule des bases ou même sur une seule arête de la base (*h*, *i*). Ces formes sont rares, et cette anomalie tient sans doute à ce que le cristal appuyait sur les parois du vase ou se trouvait comprimé pendant sa formation. Ces cristaux sont incolores, transparents. Ils effleurissent à l'air, fait qui a lieu lors même qu'on les tient enfermés dans un tube. Dans ce cas, tous ne s'altèrent pas.

Habituellement, ce principe cristallise en petites lamelles rectangulaires, courtes ou allongées, qui quelquefois peuvent être assez étroites pour représenter des aiguilles (pl. XIX, fig. 1, *a*, *b*, *c*). La forme allongée est la plus abondante dans les dépôts cristallins. Les lamelles et aiguilles sont incolores, généralement groupées ensemble, soit parallèlement (*d*, *e*), soit en éventail (*f*). Quelquefois ce sont des amas stelliformes très petits (*g*). Enfin, ces aiguilles forment quelquefois des groupes sphériques (*h*). Les groupes formés de lames parallèles sont généralement transparents et peu épais. Les lamelles se terminent nettement, presque toutes au même niveau. Les masses sphériques ont un centre noir, foncé, la périphérie seule est transparente, parce que toutes les aiguilles ne se terminant pas

exactement au même niveau, quelques unes dépassent les autres et ne sont pas superposées en assez grand nombre pour intercepter la lumière.

Les cristaux réguliers et les groupes d'aiguilles polarisent la lumière.

Les différentes dispositions cristallines de la figure 2 sont toujours mélangées les unes aux autres dans le champ du microscope en proportions variables, suivant la rapidité de la cristallisation et suivant les diverses autres circonstances qui influent sur elle.

1042. — De l'urate de magnésie a été trouvé dans un calcul chez un malade qui, plus tard, en rendit d'autres formés d'acide urique avec un peu d'urates de soude et de chaux (1).

CHAPITRE XLIV.

ACIDE HIPPURIQUE.

Synonymie : *Acide uro-benzoïque, urino-benzoïque, benzourique.*

L'existence de ce corps, en tant que principe immédiat, n'est démontrée que dans l'urine, et seulement chez un petit nombre d'espèces animales. Mais, comme l'acide urique, il peut au contraire être principe médiat ou éloigné de l'organisme en se combinant avec diverses bases, ou réciproquement.

Dans certaines maladies, l'acide hippurique a été trouvé chez l'homme en plus grande quantité qu'à l'état normal. Lehmann (2) a extrait, de l'urine de malades atteints de fièvre, de l'acide hippurique à l'état libre. Lehmann pense que l'acidité extraordinaire de l'urine dans ces maladies provient d'un excès d'acide hippurique. M. Bouchardat signale aussi la présence de cet acide dans l'urine d'une malade qui, à la suite d'une maladie aiguë du foie, fut soumise pendant neuf ans à un régime lacté, dont la santé s'altéra peu à peu et qui en vint à boire de trois à cinq litres de liquide par jour ; la quantité des urines était proportionnelle à celle des boissons. Les urines rougissaient faiblement le tournesol. Elles contenaient 2,23 pour 1000 d'acide hippurique. Il retira, en traitant par l'éther, l'extrait sec d'urine. Il se forme un peu d'acide ben-

(1) Wurtzer, *Différ. des calculs urinaires chez le même malade* (*Journ. de chim. méd.*, 1831, t. VII, p. 184).

(2) Lehmann, *Journ. für prakt. Chem.*, 1839, Bd. 6, s. 113.

zoïque pendant l'évaporation (1). Bird a trouvé dans l'urine d'un ivrogne un sédiment composé d'acide hippurique (2).

Nous avons observé et représenté (pl. XLIV, fig. 1, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*) des cristaux d'un dépôt d'acide hippurique que nous avons rencontré dans les urines d'un homme de trente ans, vigoureux, qu'un travail de bureau forçait à ne pas prendre d'exercice, mais qui pourtant continuait à prendre une nourriture très azotée. Les urines qu'il rendait habituellement étaient peu acides et laissaient déposer beaucoup d'urate de soude, et un peu de phosphate ammoniaco-magnésien se déposait, après vingt-quatre heures de repos, à une température de 6 degrés au-dessus de zéro. Les urines rejetées après avoir pris des excitants, comme du vin, du café et des liqueurs, étaient très acides et fournissaient un dépôt abondant d'oxalate de chaux et d'acide hippurique. Elles avaient l'odeur habituelle des urines, leur couleur se rapprochait de celle des urines fébriles.

1043. —La plupart des cristaux déposés étaient de petites aiguilles prismatiques pyramidales, très courtes, transparentes, généralement taillées en biseau à leur base (pl. XLIV, fig. 1, *a*, *a*), présentant quatre faces quelquefois excavées. Ces aiguilles se terminent en pointe aiguë, ce qui leur donne assez l'aspect de petits clous. Quelques unes sont plus allongées, renflées vers le milieu en forme de fuseau et terminées en pointe aux deux bouts, comme si elles étaient formées par deux des précédentes soudées base à base (*n*, *n*). On trouve quelques rares lamelles losangiques à bords opposés, quelquefois dentelés (*l*). La masse la plus considérable de l'acide est représentée par des amas sphériques de courtes aiguilles ou de très petites lamelles, soit isolés (*c*, *d*), soit plus souvent groupés à la suite des autres ou superposés (*h*). Toujours quelques aiguilles dépassent la circonférence de la sphère ; peu de celles-ci sont ré-

(1) BOUCHARDAT, *Mémoire sur une maladie nouvelle (hippurie)* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1840, t. II, p. 147; — *Annuaire de thérap.*, in-32, Paris, 1842, p. 230).

(2) BIRD, *London med. gaz.*, 1844.

gulières (comme *e*). Les cristaux isolés et le bord des sphères sont incolores ou à peine teintés de jaune pâle. Le centre est noir ou d'un brun foncé, tirant sur le jaune. Les cristaux qu'on obtient en décomposant des hippurates, même en petite quantité, par l'acide chlorhydrique, sont tellement semblables à ceux-là que la description que nous en donnons plus loin sera faite ici sur la même figure. En évaporant l'urine, nous avons retiré à l'aide de l'éther une petite quantité d'acide hippurique du résidu, lequel était peu abondant.

L'acide hippurique, ou peut-être, pour mieux dire, des hippurates ont été aussi trouvés dans quelques maladies en quantité plus ou moins considérable; mais nous observons qu'il est très difficile de doser cet acide, et que, même à l'état normal, la quantité de l'acide hippurique varie beaucoup.

Il n'a pas été possible d'extraire jusqu'à présent de l'acide hippurique de l'urine de chien. L'éther dissout bien un acide qui se trouve à l'état libre dans cette urine, mais il ne nous a pas encore été possible de déterminer la nature élémentaire de ce corps par l'analyse chimique. Nous savons seulement qu'il est azoté, soluble dans l'éther, insoluble dans l'acide chlorhydrique, qu'il cristallise (pl. XIV, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, et pl. XVII, *A*, *B*, *C*, *D*), autrement que l'acide hippurique. Une urine alcaline de chien, qui nous a été remise par M. Bernard, contenait un dépôt grisâtre de très petites aiguilles groupées en étoiles (pl. XIV, A, B), lesquelles, traitées par l'acide chlorhydrique, ont laissé précipiter l'acide dont nous parlons.

1044. — On voit, d'après ce qui précède, que la présence de l'acide hippurique dans l'économie animale est toujours de courte durée, accidentelle.

1045. — Il peut s'y rencontrer, soit à l'état liquide par dissolution dans l'eau, soit à l'état solide, cristallisé. Il conserve dans l'urine sa réaction acide qui, ainsi qu'on le sait, est assez faible.

1046. — Tous ces faits montrent qu'il ne prend qu'une part secondaire à la constitution de la substance organisée, et encore à celle de l'urine seulement.

1047.— Ce principe, considéré en tant qu'acide libre, faisant partie constituante du corps, se forme, selon toutes probabilités, dans les tubes du rein, comme l'acide urique, au moment de la sécrétion urinaire par décomposition de quelque hippurate. Nous ne saurions trop insister sur le fait signalé plus haut, que les principes doivent être étudiés tels que nous pouvons les surprendre dans l'économie, sauf ensuite, en raisonnant sur leurs propriétés dynamiques, sur les actes auxquels ils concourent, à tenir compte de ce que nous savons de leurs réactions chimiques mutuelles. Or, dans le sang, ce sont des urates, des hippurates, etc., que l'on trouve normalement, mais non des acides urique ou hippurique. Reste ensuite à savoir comment ces hippurates se forment; on reconnaîtra certainement, en faisant cette étude, qu'il faut tenir compte de la présence de la base qui se combine à l'acide au moment même de sa formation, de telle sorte qu'il n'est jamais un instant à l'état libre. Il sort de l'économie par l'urine.

1048.—*Extraction et caractères chimiques.* Lorsque l'acide hippurique existe libre quelque part, on l'extrait en agitant le liquide avec de l'éther dans un ballon. L'acide hippurique se dissoudra dans l'éther et cristallisera par l'évaporation ; la forme des cristaux et les propriétés de l'acide le feront facilement reconnaître. Les cristaux sont des aiguilles ou des prismes, selon la quantité d'acide qu'on obtient. Ils sont jaunâtres quand ils sont encore mêlés de substances animales, blancs par réflexion, de teinte jaune d'ambre par transparence quand l'acide est pur. Chauffé, il se fond et se décompose en acide benzoïque, reconnaissable par son odeur, et en acide cyanhydrique. Il est bien plus soluble dans l'eau chaude que dans l'eau froide ; il se dissout en grande quantité dans l'alcool et moins dans l'éther. Il se dissout dans les acides chlorhydrique et sulfurique chauds, sans se décomposer tant qu'on ne dépasse pas 120 degrés. Il se dépose de la solution chlorhydrique par refroidissement, ou mieux par évaporation, en fines aiguilles soyeuses ; on le précipite de la solution sulfurique par addition d'eau. Au-dessus de 120 degrés, il se dédouble en acide benzoïque et glycocolle ($C^{18}H^{8}O^{5}Az.\,HO. + 2\,HO = C^{14}H^{5}O^{3}.\,HO + C^{4}H^{4}O^{3}Az.\,HO$). On obtient la même décomposition en le laissant au contact de la levûre et des matières azotées qui ont subi le contact de l'air. Les réactifs oxydants, comme l'oxyde de plomb, donnent avec la solution aqueuse bouillante des acides benzoïque et carbonique.

1049. — *Historique.* Nous avons cité tous les auteurs qui ont parlé de l'acide hippurique réellement à l'état libre : ils sont, comme on a pu le remarquer, peu nombreux. Il y a cependant eu beaucoup d'écrits publiés dans lesquels on parle de l'acide hippurique ; mais il est facile de reconnaître qu'il s'agissait d'hippurates dont on a omis le plus souvent d'indiquer la nature, et non d'acide hippurique. C'est donc en traitant des hippurates que nous devrons en parler, et encore seulement dans l'historique ou à propos des procédés d'extraction, car ces travaux n'ont de valeur que comme recherches préliminaires et approximatives, devant conduire à d'autres plus précises et être remplacées par l'étude des principes tels qu'ils se trouvent dans l'organisme. Les faits de MM. Lehmann, Bouchardat, Bird et celui qui nous appartient semblent les seuls dans lesquels la présence de cet acide ait réellement été constatée, en tant que principe immédiat, réel, et non comme partie constituante d'un hippurate. Huenefeld a trouvé de l'acide hippurique (hippurates) dans l'urine d'un enfant de neuf mois qui prenait encore le sein de sa mère ; il y avait de l'urée et de l'acide urique : elle était neutre (1). Brandes indique la présence de l'acide hippurique (hippurates probablement) dans l'urine d'éléphant. Il parle aussi d'un hippurate d'urée qu'il y aurait trouvé. Il paraît, en effet, que l'urée retient toujours une certaine quantité de cet acide qui semble y être combiné (2). M. Bouchardat soupçonne également ce fait. Il pense aussi que la quantité notable et constante d'acide hippurique dans les urines de deux malades qu'il a observés, est assez caractéristique pour donner le nom d'*hippurie* à cette affection. Outre les symptômes d'affaiblissement général, sécheresse de la peau, etc., il y avait aussi affaiblissement de la vue. Il n'a pas trouvé d'acide urique dans deux litres d'urine contenant de l'acide hippurique. Elle contenait des sulfates (3).

Nous rapportons avec doute à l'acide hippurique, d'après quelques réactions faites seulement sous le microscope, les cristaux dont nous allons donner la description. Nous avons trouvé dans l'urine de porc l'acide évaporé jusqu'à consistance de sirop très épais. Il faut abandonner ce résidu à lui même pendant plusieurs jours. Au bout d'une semaine, on trouve les cristaux mélangés à de l'urée, de la créatine, de la créatinine et les divers sels d'origine inorganique. Ce sont des lamelles rhomboïdales (pl. XVIII, fig. 1) de volume variable, que nous représentons ici grossies 300 fois. Assez souvent, l'angle aigu de ces rhombes est légèrement tronqué (*a*, *c*). Tantôt ces cristaux sont minces, lamelleux (*c*). Quelques uns sont épais (*a*, *b*, *e*), représentant partout la même épaisseur (*a*, *b*) ou un peu arrondis

(1) Huenefeld, *Journ. für prakt. Chem.*, 1839, t. XVI, p. 306.

(2) Brandes, *Arch. der Pharm.*, 1840, t. XVIII, p. 67.

(3) Bouchardat, *loc. cit.*, 1842, p. 294. — *Annuaire de thérap.*, 1850, in-32, p. 302.

sur les bords (*e*). Il y en a peu qui soient isolés (*d*), la plupart sont réunis tous dans le même sens (*f*) ou entrecroisés (*c*). Quelques uns portent des amas de lamelles (*c*, *e*) diversement groupées. D'autres enfin sont entourés de petits groupes d'aiguilles très courtes, terminées carrément, disposées en tous sens les unes par rapport aux autres (*a*, *b*). Ces cristaux ont tous une couleur jaune d'ambre assez foncée. Cette couleur s'observe sur les cristaux volumineux d'acide hippurique. Ceux qui sont en aiguilles, ou en lamelles minces déjà décrites comme se déposant dans l'urine de quelques malades et comme celles que nous décrirons plus loin, ne sont que très légèrement teintées de jaune.

CHAPITRE XLV.

HIPPURATE DE SOUDE.

1050. — Ce principe a été trouvé dans l'urine du chameau par M. Chevreul (1). Il est probable qu'il en existe dans l'urine du cheval, où Fourcroy, Vauquelin et Giese ont indiqué la présence du benzoate de soude.

Il est probable aussi, mais non démontré, que c'est de l'hippurate de soude en partie, et en partie des hippurates de potasse ou de chaux, qui existent dans les urines d'homme, de vache, de chèvre et du cheval dans lesquelles beaucoup d'auteurs ont signalé la présence de l'*acide hippurique* et de l'*acide benzoïque*. En effet, lorsqu'on évapore l'urine avec précaution, et qu'on a soin de la neutraliser avec un peu de chaux, on arrive toujours à constater la présence de l'acide hippurique (hippurates) dans l'urine d'homme. Nous avons déjà dit dans quelles conditions on rencontre réellement de l'acide hippurique dans l'urine. L'acide benzoïque, qu'on trouve dans l'urine de vache ou de chevaux, n'existe pas dans l'urine parfaitement fraîche; il est un produit de la décomposition des hippurates de l'urine. Nous avons trouvé de l'hippurate de soude avec celui de potasse dans l'urine de porc. C'est probablement à l'état d'hippurate de soude qu'existe l'acide hippurique retiré du sang de bœuf (2).

(1) Dans Dumas, *Traité de chimie*, 1846, t. VIII, p. 375.

(2) Verdeil et Dolfuss, *Analyse anatomique du sang* (*Mém. de la Soc. de biologie*, t. II, 1850, p. 79).

1051. — On ne sait pas encore à quelle époque de la vie apparaît ce principe dans l'économie ; mais il est probable que son existence n'est pas constante, ou du moins n'est pas continue. On sait, en effet, d'après Woehler, que l'acide hippurique (lisez hippurates) manque dans l'urine des veaux qui se nourrissent encore de lait. Ce corps se présente toujours à l'état de dissolution directe dans l'eau des parties qui le renferment. Il est probable que c'est un principe purement excrémentitiel, c'est par l'urine qu'il disparaît de l'économie.

1052.—Sa présence dans le sang montre qu'il se forme dans les tissus ou les humeurs. Voir à cet égard ce que nous avons dit de la formation de l'urate neutre de soude.

1053. — *Extraction.* On ne connaît pas encore de procédés permettant de le séparer, en tant qu'hippurate, des humeurs qui le contiennent. On ne sait jusqu'à présent faire autre chose qu'extraire d'une part l'acide hippurique, et de l'autre indiquer la présence de la soude d'après les réactions qui lui sont propres. L'acide hippurique a été trouvé dans le sang au moyen du procédé que nous allons indiquer (1).

Le sang est d'abord défibriné par l'agitation au sortir de l'animal ; puis, à cet état, il est coagulé après avoir été mélangé de son volume d'eau. La coagulation se fait complétement, quoique le liquide filtré soit un peu coloré. La masse coagulée est jetée sur un linge qui laisse passer le liquide et retient le coagulum ; celui-ci est ensuite pressé fortement pour en extraire le liquide qu'il pourrait retenir. La liqueur filtrée est évaporée dans une capsule placée sur un bain-marie, et concentrée jusqu'à consistance de sirop. Par l'évaporation, elle se trouble et laisse déposer une masse albumineuse qui ne s'est pas coagulée en chauffant. Le liquide contient de plus une substance aussi albumineuse qui ne se coagule pas par l'ébullition, mais qui est précipitée par un acide. Pour éliminer ces substances, on ajoute à la liqueur refroidie, et très concentrée par l'évaporation, de l'alcool ordinaire trois ou quatre fois le volume du liquide ; on laisse le mélange dans un flacon bouché pendant deux ou trois jours. L'alcool précipite ainsi une foule de matières qui auraient gêné la suite de l'opération ; la liqueur alcoolique est décantée et distillée jusqu'à ce qu'il ne passe plus d'alcool. Le liquide, ainsi traité, est acidifié par un peu d'acide sulfurique qui détermine tout de suite un volumineux précipité formé en grande partie de substances grasses. Ces matières grasses sont séparées par la filtration ; quant à la liqueur qui s'écoule du filtre, elle est acide ; on la

(1) Verdeil et Dolfuss, *loc. cit.*, 1850.

neutralise avec un peu de carbonate de chaux, puis on l'évapore à siccité; le résidu desséché est traité par l'alcool bouillant qui dissout l'hippurate de chaux; on l'obtient cristallisé soit par le refroidissement de la liqueur si elle est très concentrée, soit en évaporant le liquide. Cet hippurate de chaux peut être transformé en acide hippurique, dont on peut étudier facilement les caractères.

L'acide hippurique peut être obtenu, par le même procédé, du sang d'homme; la quantité de sang fournie par une saignée est suffisante pour reconnaître, au moyen de microscope, l'acide hippurique.

Lorsque l'acide hippurique existe en grande proportion, comme dans l'urine de cheval, on peut l'obtenir directement en décomposant la liqueur concentrée chaude par de l'acide chlorhydrique. L'acide hippurique cristallise par le refroidissement. Au bout de vingt-quatre heures, le précipité est filtré, lavé à l'eau froide, et redissous de nouveau dans très peu d'eau bouillante, à laquelle on ajoute du charbon animal. La liqueur décolorée est filtrée toujours à chaud; il se forme par le refroidissement une masse de cristaux qui sont de l'acide hippurique pur.

Ce procédé peut être appliqué à l'extraction de l'acide hippurique de l'urine de cheval ou de bœuf; mais partout ailleurs, où il existe en quantité souvent très petite, il est nécessaire de procéder autrement. Lorsqu'on a amené une liqueur neutralisée par la chaux, à l'état de concentration convenable, on l'introduit dans un ballon, et, en ajoutant de l'acide chlorhydrique, on décompose l'hippurate de chaux. On introduit alors de l'éther à peu près dix fois autant qu'il y a de liquide décomposé par l'acide chlorhydrique. Le ballon est fermé, puis agité de temps en temps pour que l'éther se trouve en contact avec la solution aqueuse. Cet éther qui surnage est décanté, lavé avec un peu d'eau dans un autre ballon, pour enlever des traces d'acide chlorhydrique, puis distillé ou évaporé avec un peu d'eau, si l'on veut obtenir directement l'acide, ou mieux encore sur l'eau de chaux qui forme un hippurate de chaux. Dans l'un et l'autre cas, il est aisé de reconnaître l'acide hippurique par ses caractères.

Les cristaux de l'acide hippurique se rangent dans le type du prisme rhomboïdal oblique. Lorsqu'il cristallise lentement d'une dissolution aqueuse bouillante (pl. XX), on obtient souvent des formes types (*g*. *g*). Mais il se dépose en même temps toutes les dérivations possibles de ce type. Les formes dérivées les plus communes sont celles dans lesquelles on observe un décroissement des angles sommets. Ce décroissement peut être tel qu'il en résulte un biseau inégal (*h*, *h*, *h*, *i*), parce que le décroissement ne va pas jusqu'à faire disparaître exactement la moitié de la base, mais seulement une plus petite partie (*h*, *i*). La forme *k* est la même que *h*, *i*, mais dans une autre position qui se rencontre souvent, et peut quelquefois embarrasser un instant. D'autres fois ce décroissement fait disparaître exactement la moitié de la base d'où résulte un biseau régulier (*a*, *a*). Lorsque les prismes

sont peu allongés, on passe peu à peu à des octaèdres à base carrée (x, x, x, x), dans lesquels les faces latérales du prisme restent représentées. Mais on trouve cependant quelques octaèdres formés par décroissement du prisme sur les quatre arêtes des bases, d'où résultent des octaèdres obliques dont la *section principale* est un rectangle, et la *base* faite par les arêtes latérales est un rhombe (e, e). Les faces de la forme primitive ne s'y trouvent plus représentées, et toutes résultent de facettes de décroissement. Quelques cristaux sont des dodécaèdres à faces égales ou à peu près (b, b, b, b) ou inégales (c, c), formés par des facettes de décroissement des quatre angles de la base, dans lesquels quatre faces sont représentées encore par les faces de la forme primitive.

Les formes b, b, b sont des dodécaèdres de même espèce en position différente. Les cristaux c, c sont aussi des dodécaèdres à faces inégales, de même espèce également, tels qu'on peut les voir selon la position du solide. Il y a quelques prismes à six pans, peu élevés (comme l) ; quelquefois ce ne sont que des prismes hémiédriques (m). Beaucoup de ces prismes sont très minces et très allongés (n, n, n), au point quelquefois de ne former plus que des aiguilles (o, o). Quelques cristaux ne sont représentés que par des lamelles de formes diverses selon celles des faces du cristal, avec ou sans décroissement, qu'elles représentent (f, p, q, r).

L'acide hippurique qui a cristallisé dans l'eau donne toutes ces formes cristallines : les prismes sont les plus nombreux, quand la cristallisation a été lente ; les groupements y sont rares ; les aiguilles et lamelles sont les formes les moins communes. C'est généralement l'inverse quand la cristallisation a été rapide.

Lorsque l'acide hippurique a été obtenu par évaporation lente de sa dissolution par l'acide chlorhydrique, on ne trouve à peu près uniquement que des lamelles ou des prismes peu élevés à six pans (l, f, f) ; si le dissolvant est étendu, on trouve en même temps quelques petits prismes et aiguilles (o, o). Si l'on obtient l'acide cristallin par décomposition de l'hippurate de chaux à l'aide de l'acide chlorhydrique, évaporé ensuite rapidement, on obtient des houppes soyeuses lorsque l'acide est en assez grande quantité pour que la masse soit visible à l'œil nu. Dans tous les cas, il cristallise alors en lamelles et en aiguilles (pl. XXI, fig. 1, a, b) très longues, entrecroisées en tous sens et accumulées de mille manières. A ces aiguilles et lamelles se trouvent mêlées de très petites aiguilles et lamelles, soit isolées, soit groupées, et terminées (fig. 1, c) comme les lamelles (a), tantôt par un biseau, tantôt obliquement. Ces formes cristallines constituent seulement une très petite partie de la masse. Lorsque les cristaux d'acide hippurique ont été obtenus par évaporation de sa dissolution dans l'éther, soit à la température ordinaire, soit à celle de 15 à 20 degrés, il dépose à l'état de poussière blanchâtre. Celle-ci est presque en totalité formée par les petites lamelles très courtes, losangiques, terminées en biseau ou diverse-

ment groupées, dont nous avons parlé (fig. 1, *c*). On y trouve quelques aiguilles plus ou moins longues, mais elles constituent seulement la plus petite partie de la masse (*b*). Nul principe immédiat ne présente ainsi réunies ces diverses espèces de lamelles et d'aiguilles, généralement très longues et terminées de la manière dont nous venons de parler. Quant aux cristaux de la figure précédente, nul corps autre que l'acide hippurique ne les présente ainsi réunis. Ces formes cristallines sont par conséquent précieuses à connaître pour la distinction des principes immédiats les uns des autres.

Nous avons déjà signalé plusieurs fois que, malgré les variations de formes offertes par chaque principe suivant les conditions dans lesquelles il cristallise : 1° ces modifications présentent toujours quelque chose de spécial à chaque principe (aiguilles et lamelles allongées) ; 2° les principales d'entre elles se trouvent constamment ; seulement tantôt ce sont les cristaux d'une forme qui l'emportent en quantité, tantôt ce sont ceux d'une autre forme. Une fois connues, ces formes, soit d'après l'observation préalable directe, soit d'après l'étude des planches, il ne reste plus dans chaque cas particulier qu'à chercher quelle est celle qui est la plus abondante et fait varier l'aspect de l'ensemble de la préparation observée au microscope.

Les aiguilles et lamelles cristallines d'acide hippurique sont flexibles lorsqu'elles présentent une certaine longueur ; après être un peu fléchies, elles finissent par se rompre assez nettement. Les arêtes de tous ces cristaux sont extrêmement nettes et régulières, et assez pâles. Vues par réflexion, leur couleur est blanche ; par transparence, elle est d'un jaune de gomme-gutte plus ou moins foncé suivant l'épaisseur du cristal. Les lamelles isolées sont presque incolores, si ce n'est le long des arêtes. Celles-ci étant très rapprochées l'une de l'autre dans les aiguilles, ces cristaux paraissent plus foncés en couleur que les lames. Le même fait s'observe dans les prismes très étroits, et surtout dans les aiguilles, qui sont des prismes très allongés à quatre faces encore reconnaissables à un fort grossissement, au lieu d'être, comme souvent, des lamelles très étroites. Ses dissolutions concentrées, aqueuses ou autres (il se dissout dans 400 parties d'eau), ont la même teinte jaune et rougissent fortement le tournesol.

L'acide pur fond lorsqu'on le chauffe avec précaution. Il forme alors un liquide huileux ou résineux qui, par le refroidissement, se prend en une masse de petites aiguilles, généralement assez courtes et terminées carrément (pl. XLIV, fig. 1). Chauffé plus fortement, il répand une odeur de benjoin et finit par se décomposer sans laisser sensiblement de charbon. La partie qui se volatilise est de l'acide benzoïque. Cette propriété est fréquemment utilisée dans la pratique pour reconnaître l'acide hippurique ou les hippurates, avant de les avoir isolés des substances qui les accompagnent. Pour cela, il suffit de chauffer sur une lame de platine un peu de

la matière dans laquelle on soupçonne l'existence de ces principes, et de constater la nature de l'odeur qui se dégage.

1054. — *Historique.* Nous citons à propos de ce sel beaucoup d'auteurs qui parlent de l'acide hippurique, parce que c'est l'acide séparé des bases auxquelles il est habituellement combiné dont ils parlent, et non réellement de ce corps envisagé comme principe immédiat. Rouelle le cadet reconnut le premier qu'il existe dans l'urine de vache un acide particulier, volatil comme le benzoïque, jouissant de toutes ses autres propriétés, mais dont l'existence n'est pas constante; d'où il conclut que la nature des aliments de ces animaux a de l'influence sur la formation de ce corps (1). Plus tard il l'indiqua comme existant probablement dans l'urine de chameau (2).

Schèele en indiqua ensuite, ou mieux indiqua du benzoate d'ammoniaque dans l'extrait d'urine des enfants (3), fait qui fut confirmé peu à près par Fourcroy et Vauquelin (4), par Gaertner (5), puis de nouveau par Fourcroy (6). Ce dernier trouva aussi à la même époque, avec Vauquelin, du benzoate de soude dans l'urine de cheval, fraîche ou pourrie (7). Ils en avaient déjà indiqué l'existence deux ans auparavant dans un autre recueil (8), et en même temps Payssé en signalait dans les urines de vache, de cheval et de brebis (9). Giese en indique aussi dans l'urine de cheval et dans celle d'un chat nourri avec de la viande. L'animal était nourri de viande seulement. Giese n'a pas toujours trouvé l'acide benzoïque dans l'urine des vaches; elle lui a donné des phosphates, ainsi que celle des chevaux, contrairement à ce qu'avaient dit avant lui plusieurs auteurs (10). En 1800, Proust annonça qu'il en existait dans le sang (11). Peu après, M. Thenard montra que l'acide benzoïque existe bien fréquem-

(1) Rouelle le cadet, *Journal de méd. de Vandermonde*, année 1771, t. XXXVI.

(2) Rouelle le cadet, *ibid.*, 1777.

(3) Schèele, *Sammlung Phys. und Chem. Werke.* Heransg. von Hermstaedt. Berlin, 1793, t. II, p. 385.

(4) Fourcroy et Vauquelin, *Premier mémoire pour servir à l'histoire nat., chimique et médicale de l'urine* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXI, p. 62).

(5) Gaertner, *Expér. et observ. sur l'urine et sur son acide* (*Ann. de chim.*, 1796, t. XXIV, p. 170).

(6) Fourcroy, *Syst. des conn. chimiq.*, an IX, t. X, p. 166.

(7) Fourcroy et Vauquelin, *ibid.*, p. 183.

(8) Fourcroy et Vauquelin, *Mém. de l'Instit. nat. de France*, an VII, t. XI, p. 431.

(9) Payssé, *Journ. de pharm.*, 3e année, 15 prairial an VII, p. 398.

(10) Giese, *Sur l'acide benzoïque de l'urine des chats* (*Mém. de la Soc. impériale des naturalistes de Moscou*, in-4°, 1809, t. XI, p. 25).

(11) Proust, *Expériences sur l'urine* (*Ann. de chim.*, 1800, t. XXXVI, p. 272)

ment dans l'urine des enfants, mais que ce n'est pas un des matériaux véritablement constitutifs de l'urine (1). Brandes a également trouvé du benzoate de soude dans l'urine du cheval, et de l'acide benzoïque, mais d'une manière douteuse, dans celle du chameau. Il n'en signale pourtant pas dans celle de l'âne (2). Nous avons déjà dit que M. Chevreul a trouvé (3) des benzoates dans les urines de chameau (page 304). C'est à Liebig (4) qu'on doit d'avoir montré que l'acide pris pour le benzoïque dans l'urine des herbivores était un acide particulier auquel il donna le nom d'*acide hippurique* au lieu de celui d'*acide benzourique* qu'on lui donnait quelquefois pour le distinguer de l'acide extrait du benjoin. M. Dumas montra ensuite quelles sont les conditions dans lesquelles les benzoates se forment aux dépens des hippurates, et que c'est à ces composés qu'il faut rapporter ce que l'on disait de l'acide benzoïque et des benzoates (5).

Berzelius proposa de l'appeler *acide uro-benzoïque* au lieu d'*acide hippurique*, dénomination qui n'a pas été acceptée ; il dit aussi que Wurzer, après avoir évaporé l'urine d'un diabétique en précipita, à l'aide de l'acide chlorhydrique, une certaine quantité de cet acide (6). Peu après, Lehmann trouva de l'acide hippurique dans l'urine d'un diabétique (7). Brandes a rencontré également une grande quantité d'acide hippurique (hippurates) dans l'urine d'éléphant ; il dit aussi y avoir trouvé de l'*hippurate d'urée* (8). Huenefeld a trouvé de l'acide hippurique dans des urines d'enfants qui étaient tout à fait neutres (9). L'hippurate de soude a été indiqué comme existant avec diverses matières grasses dans le suint de la vache, par

(1) THENARD, *Mém. sur l'anal. de la sueur, l'acide qu'elle contient, et sur les acides de l'urine et du lait* (*Ann. de chim.*, 1806, t. LIX, p. 262-270-276).

(2) BRANDES dans HATCHETT, *Lettre à M. Home sur l'urine des chameaux et quelques autres herbivores* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 276).

(3) CHEVREUL, *Note sur les urines de chameau, de cheval*, etc. (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 294-300-304).

(4) LIEBIG, *Ueber die Harnsaeure welche in dem Harn der grassfressenden vierfüssigen Thiere enthalten ist.* (*Annal. der Phys. und chemie*, 1829, t. XXVII, p. 389).— *Sur l'acide contenu dans l'urine des quadrupèdes herbivores* (*Ann. de chim.*, 1830, t. XLIII, p. 188).

(5) DUMAS, *Rech. de chimie organique sur l'huile de cannelle, l'acide hippurique et l'acide sébacique* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1834, t. LVII, p. 305).

(6) BERZELIUS, *Traité de chimie*, traduct. franç., in-8°. Bruxelles, 1833, t. VIII, p. 363 et 367.

(7) LEHMANN, *Vorkommen der Harnbenzoesauere im diabetischen Harne* (*Journ. für prakt. Chem.*, 1835, t. VI, p. 113).

(8) BRANDES, *Ueber der Harn des Elephanten* (*Arch. der Pharm.*, 1839, t. XVIII, p. 67).

(9) HUENEFELD, *Beitræge zur Chemie des Harns* (*Journ. für prakt. Chemie*, 1839, t. XIV, p. 500).

MM. Chevallier et O. Henry (1). Ce dernier a cherché en vain l'acide hippurique dans l'urine d'un diabétique, acide que Lehmann dit avoir rencontré dans un cas analogue (2).

On doit à MM. Bouis et Ure d'avoir montré que l'acide benzoïque passe facilement à l'état d'acide hippurique (*uro* ou *urino-benzoïque*), et comme il ne se forme plus d'acide urique, ils recommandent l'acide benzoïque contre la gravelle urique (3). Le même fait a été observé par Woehler et Keller (4), et par Garrod. Ce dernier n'a pas trouvé, comme Ure, que l'acide urique disparût de l'urine (5). Liebig (6) a démontré que dans l'urine de l'homme il y a toujours un peu d'acide hippurique, à peu près autant que d'acide urique; mais comme il l'extrait par l'éther, après avoir évaporé et traité par l'acide chlorhydrique, c'est celui qui a été chassé des hippurates qu'il obtient. Il y a donc des hippurates normalement dans l'urine d'homme. De Bibra (7) indique de 1,23 à 12,60 pour 100 d'acide hippurique dans l'urine de cheval; de 5,55 à 12,00 pour 100 dans celle de bœuf; tantôt il y en a beaucoup, tantôt à peine: de 0,88 à 1,25 dans celle de chèvre; et 0gr.,05 pour 700 grammes dans l'urine fraîche de lièvre. Nous ne citons ce travail que dans l'historique, parce que l'auteur détermine la quantité d'acide après l'avoir chassé de sa combinaison avec les alcalis, en sorte qu'il faut se représenter cet acide combiné soit avec de la soude, de la potasse, soit avec de la chaux, mais non comme un des principes constituant l'urine. Il reste maintenant à déterminer avec lesquelles de ces bases ou en quelles proportions avec chacune d'elles il est combiné. La même réflexion s'applique également à l'analyse de l'urine rendue par une jeune fille choréique, âgée de treize ans, urine analysée par Pettenkoffer et dans laquelle il trouva beaucoup d'acide hippurique (8). Il remarque que l'acide

(1) Chevallier et Henry, *Sur le suint des vaches* (*Journ. de chim. méd.*, 1839, t. V, p. 219).

(2) O. Henry, *Exam. chim. d'une urine de diabète sucré* (*Journ. de pharm.*, 1841, t. XXVII, p. 617).

(3) Ure, *De la transformat. de l'acide urique en acide hippurique dans le corps humain sous l'influence de l'acide benzoïque* (*Journ. de pharm.*, 1841, t. XXVII, p. 646).

(4) Woehler und Keller, *Ueber die im lebendem Organism. vorsich gehende Umwandlung der Benzoesauere in Hippursauere* (*Annal. der Phys. und Chemie*, 1842, t. LVI, p. 638).

(5) Garrod, *Sur la transformation de l'acide benzoïque en acide hippuriq. dans l'organisme animal* (*Philos. magaz.*, 1842).

(6) Liebig, *Sur la constit. chimiq. de l'urine de l'homme et des carnivores* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. L, p. 161).

(7) De Bibra, *Sur l'urine de quelques herbivores* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1845, t. LIII, p. 98).

(8) Pettenkoffer, *Sur l'exist. d'une grande quantité d'acide hippuriq. dans l'urine humaine* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. LII, p. 86).

cristallise lentement et seulement quand on le tient à une température au-dessous de 30 degrés dans une capsule plate. Cette jeune fille ne se nourrissait que de pain et de pommes; l'acide hippurique disparaissait, à ce que dit l'auteur, aussitôt qu'elle prenait de la viande. M. Bernard a reconnu que l'acide hippurique (hippurates) disparaît de l'urine des herbivores par l'abstinence, en même temps que les carbonates; l'urée augmente alors, et l'urine devient acide (1).

Woehler et Frerichs (2) ont observé qu'il se produit, dans l'urine des chiens, d'une manière notable, quand on leur administre de l'essence d'amandes amères exempte d'acide cyanhydrique, de l'éther benzoïque, du baume du Pérou. M. Millon dit avoir retiré jusqu'à 9, 10 et 11 grammes d'acide hippurique d'un litre d'urine fraîche; mais sans qu'il ait pu découvrir jusqu'ici aucune relation entre sa présence et l'état du sujet; l'acide a même disparu de l'urine des malades qui le lui fournissaient en aussi grande abondance, du jour au lendemain, sans changement dans le régime ni dans la maladie. Il suffit, quand l'urine de l'homme contient de grandes quantités d'acide hippurique, d'y ajouter 1/20e environ de son volume d'acide chlorhydrique concentré, et d'abandonner le mélange au repos. Après vingt-quatre heures, l'urine se remplit de longs cristaux d'acide hippurique assez pur, quelquefois coloré en rouge ou en brun (3).

Comme l'acide urique des urates se dépose de la même manière en grande quantité en cristaux allongés, rougeâtres ou brunâtres; comme M. Millon ne parle pas de cet acide-là, il est fort douteux que ce soit de l'acide hippurique qu'il ait vu coloré en rouge ou en brun; d'autant plus que l'acide hippurique est habituellement incolore ou coloré en jaune d'ambre plus ou moins foncé. En outre, c'est de l'acide urique et hippurique des urates et des hippurates décomposés, et non des principes immédiats véritables de l'urine qu'on obtient ainsi. M. Rayer a figuré l'acide hippurique (4) ainsi que Harting (5); mais ces figures ne sont satisfaisantes que pour les cristaux en aiguilles. Il en est de même des figures publiées par Frick, d'après les formes observées chez les individus auxquels on administrait de l'acide benzoïque, et chez des malades (6). Les figures aciculaires analogues aux nôtres (pl. XLIV, fig. 1, *a*, *a*) sont bonnes.

(1) Bernard, *Constit. physiol. de l'urine et de la bile* (*Comptes rendus de la Soc. philomat.*, 1848, et journal *l'Institut*, 1848, p. 63).

(2) Woehler et Frerichs, *Modifications que divers subst. éprouvent en passant dans l'urine* (*Journal für prakt. Chem.*, 1848, t. XLIV, p. 60).

(3) Millon, *Études de chimie organique*, in-8°. Lille, 1849, p. 91.

(4) Rayer, *Maladies des reins*, in-8°. Paris, 1839, t. I, pl. v, fig. 6.

(5) Harting, *Het Microskoop*, etc. Utrecht, t. III, pl. III, fig. 71.

(6) Frick, *Renal affections*, in-8°. Philadelphia, 1850, p. 66, fig. 4.

CHAPITRE XLVI.

HIPPURATE DE POTASSE.

1055. — Ce principe a été trouvé par M. Boussingault dans l'urine de cheval et dans celle de vache. Il est très probable, mais non démontré, que c'est en partie à cet hippurate, en partie à ceux de soude et de chaux, qu'il faut rapporter ce que Bibra dit de l'acide hippurique dans l'urine de chèvre et de cheval; John et Lassaigne, dans celle d'un cheval diabétique (1); Liebig, Lehmann, Pettenkoffer, dans celle d'homme à l'état sain ou chez des diabétiques et choréiques. Brandes en indique la présence dans l'urine de l'éléphant (2). Nous en avons trouvé avec de l'hippurate de soude, mais sans hippurate de chaux dans l'urine de porc. Il est probable que la durée de ce principe dans l'économie est moindre que celle de l'existence totale de l'individu, car Woelher a observé que l'acide hippurique (lisez hippurates) manque absolument dans l'urine de veaux qui tettent encore (3). M. Boussingault indique 16,51 pour 1000 d'hippurate de potasse dans l'urine de vache, et 4,74 dans celle du cheval (4). Mais il est probable que cette quantité est trop forte, et il faut en rapporter une partie à l'hippurate de chaux dont nous avons trouvé une grande quantité dans l'urine de cheval. Vauquelin dit avoir trouvé du benzoate de potasse dans l'urine de castor (5), en sorte que, peut-être, il faut citer encore cet animal parmi ceux dont l'urine renferme de l'hippurate de cette base. Ce sont là les seuls faits connus qu'on puisse rapporter à ce principe immédiat. Les remarques que nous pourrions faire sur lui ont déjà été faites dans le chapitre précédent, auquel nous renvoyons.

CHAPITRE XLVII.

HIPPURATE DE CHAUX.

1056. — Ce principe immédiat existe dans l'urine du cheval.

(1) LASSAIGNE, *Sur l'urine d'un cheval attaqué de diabète* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1830, t. XLIV, p. 421); et JOHN, *Anal. de plus. subst. minér., végét. et anim.* (*Ann. de chim.*, 1813, t. LXXXVIII, p. 99-102).

(2) BRANDES, *Note sur l'urine d'éléphant* (*Arch. der Pharm.*, 1839, t. XVIII, p. 65).

(3) WOEHLER, *Nachrichten der K. Gesellsch. der Wissen. zu.* Gœttingen, 1849, p. 61.

(4) BOUSSINGAULT, *Recherches sur l'urine des herbivores* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XV, p. 110).

(5) VAUQUELIN, *Anal. comparée de l'urine de divers anim.* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXII, p. 197).

C'est le seul liquide dans lequel sa présence ait été constatée d'une manière positive. Peut-être en existe-t-il avec les hippurates alcalins dans les humeurs où se trouvent ceux-ci, mais le fait n'est pas démontré. Nous avons déjà dit qu'il est probable qu'une partie des hippurates de l'urine de cheval, considérés comme étant à base de potasse par M. Boussingault, doivent être rapportés à l'hippurate de chaux. En effet, ce savant chimiste ne parle pas de ce dernier, et pourtant nous en avons toujours trouvé une quantité assez considérable.

L'existence de ce principe dans l'économie peut n'être que temporaire, de même que celle des autres hippurates. Comme eux, il disparaît sans doute de l'urine, quand on soumet les animaux à l'abstinence ou quand on leur fait suivre un régime animal. Comme eux, il manque tant que les herbivores se nourrissent encore par allaitement.

Ce corps existe toujours à l'état de dissolution dans l'urine du cheval. On sait, en effet qu'il est soluble dans l'eau. Il conserve dans cette humeur ses propriétés chimiques, qui peuvent être masquées par d'autres sels quand il s'agit d'en déterminer la base; mais on peut facilement, à l'aide d'un acide minéral, séparer l'acide de la base. Nous renvoyons à ce que nous avons dit des autres hippurates pour ce qui concerne la part qu'il prend à la constitution de l'urine, son origine dans l'organisme, son expulsion et son rôle dans les autres actes physiologiques.

1057. — *Extraction.* Les procédés d'extraction de ce sel sont des plus simples. On tire ordinairement parti de sa solubilité dans l'eau et dans l'alcool ordinaire chaud, et de son insolubilité dans l'éther, pour le purifier après l'avoir fait cristalliser par simple évaporation de l'urine qui en renferme.

Ce sel cristallise dans le type rhomboïdal oblique. Quand il est tout à fait pur et fabriqué par double décomposition, il donne des cristaux de plusieurs variétés. On trouve toujours quelques prismes ayant les formes types du prisme rhomboïdal oblique (pl. XXI, fig. 2, *a*, *a*). Quelques uns, ordinairement groupés, sont des prismes obliques rectangulaires qui en dérivent (*b*). Les formes les plus nombreuses sont les suivantes, savoir : des lamelles hexagones plus ou moins régulières, en général de petit volume (*c*, *c*) ; des

lamelles allongées de dimensions très variables, présentant à leurs extrémités des dentelures très longues et très aiguës (*d*, *d*, *d*, *d*); des aiguilles isolées plus ou moins fixes et plus ou moins longues (*e*, *e*, *e*), et enfin des groupes d'aiguilles, les uns très petits, stelliformes (*f*, *f*), les autres volumineux, soit fasciculés, soit de formes très diverses (*g*, *g*).

Le mode de cristallisation de celui qu'on obtient par évaporation de l'urine de cheval sert à le faire reconnaître au milieu des autres espèces de sels qui l'accompagnent. Il importe de rappeler, à propos de ce sel, que lorsqu'on examine pour la première fois une préparation contenant des cristaux de quatre à cinq espèces de principes, au premier abord il paraît impossible de les distinguer les unes des autres. Il faut alors une étude d'une heure ou deux des préparations avant de pouvoir se pénétrer suffisamment des caractères communs à chacune des variétés de forme, de manière à ne pas rapporter à une espèce ce qui appartient à l'autre. Cela est surtout nécessaire lorsqu'il s'agit de principes cristallisant en aiguilles, tant isolées que réunies en amas; mais une fois cette étude préalable répétée pendant quelques jours de suite sur différentes espèces de composés, on voit disparaître ces difficultés, et l'esprit saisir des différences que l'observation peut seule faire apprécier, mais à la distinction desquelles on arrive bien plus vite qu'on ne le croirait de prime-abord.

D'abord on y trouve quelquefois, mais pas toujours, des prismes rhomboïdaux obliques, comme dans celui qui a été obtenu artificiellement (pl. XXI, fig. 2, *b*, *b*, *b*). En général, les cristaux sont des lamelles terminées en biseau (*h*, *h*), lamelles qui sont presque toujours groupées et plus ou moins imbriquées de manière à former soit des masses à peu près sphériques (pl. XXII, fig. 1, *a*), soit des éventails (*e*, *e*), soit des groupements divers (*f*). Ces groupements sont très caractéristiques et font facilement reconnaître ce sel quand on les a vus une fois. On trouve également des lamelles dentelées à leurs extrémités (pl. XXI, fig. 2, *d*, *d*, *d*), mais habituellement moins longues que celles qu'on obtient artificiellement. Il y a surtout beaucoup de minces aiguilles (pl. XXI, fig. 2, pl. XXII, fig. 1, *g*, *g*, *g*), généralement courtes, dont quelques unes sont isolées, mais qui habituellement sont groupées en étoile ou en éventail. Enfin on trouve un petit nombre de lamelles losangiques (*h*, *h*).

La présence de l'hippurate de chaux peut facilement être démontrée dans l'urine de cheval par simple évaporation de ce liquide encore frais. Il forme bientôt une couche cristalline assez considérable à la surface du liquide. Cette couche est en partie formée par les groupes cristallins que nous venons de décrire, réunis entre eux par un peu de matière animale coagulée, laquelle retient aussi des carbonates et phosphates à l'état amorphe. Cette matière amorphe ne colore pas la lumière polarisée, tandis que les groupes d'hippurates la colorent. On trouve encore ce sel dans le dépôt qui se fait au fond de la capsule, mais ce sont surtout les aiguilles

et les lamelles qui se précipitent ainsi au fond du vase. Le microscope fait assez facilement reconnaître, à l'aide d'un pouvoir amplifiant de 200 à 300 diamètres, la nature du sel d'après son mode de cristallisation.

Il n'existe pas encore de procédé bien précis qui permette de séparer le sel de ceux qui l'accompagnent; on peut cependant le retirer assez facilement en le dissolvant par l'alcool et le purifiant par des dissolutions et cristallisations successives. Pour en doser la quantité, on ne connaît pas encore d'autre procédé que celui qui consiste à déterminer d'une part la quantité d'acide hippurique, et de l'autre celle de chaux, dans l'extrait alcoolique obtenu de la manière que nous venons d'indiquer.

L'analyse qualitative est, du reste, ici, comme pour la plupart des principes immédiats, plus utile que l'analyse quantitative. Du moins, il suffit de faire celle-ci d'une manière approximative, seul résultat qu'il faille attendre des procédés que nous venons d'indiquer, parce qu'il existe ordinairement plusieurs hippurates dans le même liquide, et le difficile est de les séparer les uns des autres avant de les doser.

Lorsque l'on décompose par l'acide chlorhydrique, sous le microscope, de l'hippurate de chaux ou bien des amas cristallins formés d'un mélange de carbonate et d'hippurate de chaux, dont nous avons déjà parlé en traitant du carbonate de cette base, on précipite de l'acide hippurique facilement reconnaissable. Il cristallise lorsqu'il est en petite quantité comme lorsqu'il est en excès dans l'urine humaine (pl. XLIV, fig. 1). On trouve d'abord une très grande quantité d'aiguilles entrecroisées en tout sens (*h*) et beaucoup de lamelles flottantes ou entrecroisées avec les aiguilles, comme pl. XXI, fig. 1, *c*, *c*. Il se forme en outre beaucoup d'amas sphériques (pl. XLIV, fig. 1). Ils sont formés quelquefois d'aiguilles ou de lamelles écartées et implantées sur un petit point central, comme des aiguilles sur un peloton (*c*, *c*, *f*). D'autres fois les aiguilles sont plus serrées et forment de petites masses sphériques isolées ou groupées (*e*, *b*), semblables à celles qu'on observe dans l'urine humaine où l'acide est déposé spontanément et que nous avons déjà décrites. Dans le cas de précipitation artificielle dont nous parlons, qui s'opère en l'espace de quelques minutes, souvent les amas sphériques sont hérissés de petites aiguilles (*g*). Çà et là, quoique plus rarement que dans les cas où l'on a décomposé par l'acide chlorhydrique quelque extrait concentré contenant un hippurate, on voit de petites gouttes d'aspect oléagineux ou résineux, formées d'acide hippurique non encore cristallisé, gouttes qui sont toujours hérissées de petites aiguilles qui ont une extrémité implantée dans le liquide et l'autre libre (*k*). Cette matière liquide visqueuse est d'un jaune brun et forme des gouttes de volume et de forme très variables, dont le contour est net, foncé, et le centre d'un jaune plus clair. Quelques lamelles sont losangiques et soit isolées (*l*), soit chargées de petites aiguilles dont elles forment le centre (*m*).

1058. — Nous n'avons pas trouvé d'auteurs qui aient mentionné l'hippurate de chaux comme principe immédiat.

CHAPITRE XLVIII.

INOSATE DE POTASSE.

1059. — Ce principe immédiat existe dans le tissu musculaire des mammifères. On n'a pas signalé son existence dans d'autres parties du corps ni dans d'autres animaux.

1060. — On ne sait encore rien sur l'époque de la vie où il apparaît, ni sur sa quantité par rapport à la masse du tissu.

1061. — Il est à l'état de dissolution dans l'eau qui fait partie des éléments musculaires, et uni aux lactates, à la créatine, etc.; il concourt à former ces éléments anatomiques. On manque actuellement de données sur le lieu de l'économie où il se forme et sur son mode de formation, ainsi que sur la manière dont il disparaît de l'économie. On ne sait également rien sur le rôle qu'il remplit.

1062.— *Extraction et caractères chimiques.* Pour extraire l'inosate de potasse des muscles, et le séparer des autres principes, on procède de la manière suivante.

La viande est hachée très fine, puis mise en contact d'eau distillée froide; on agite la masse et on la filtre au bout de quelques heures. La viande restée sur le filtre est pressée fortement dans un linge; le liquide qui s'écoule est ajouté au liquide filtré. La liqueur est chauffée au bain-marie jusqu'à ce que l'albumine en dissolution se soit complétement coagulée; on filtre de nouveau pour séparer l'albumine. La liqueur filtrée est acide, on ajoute à chaud de l'eau de baryte jusqu'à ce que le liquide soit devenu légèrement alcalin; le précipité formé par la baryte est filtré, et la liqueur évaporée jusqu'à consistance de sirop. Dans cet état, la liqueur est abandonnée à elle-même pour laisser cristalliser la créatine; lorsque la plus grande partie de la créatine a cristallisé, on la sépare par la filtration. L'inosate de potasse se trouve dans l'eau mère; on verse alors dans celle-ci de l'alcool ordinaire, la liqueur prend un aspect blanc laiteux qui disparaît au bout de quelques jours. Le fond du vase se trouve couvert d'un dépôt cristallin composé d'inosate de potasse, de créatine et aussi d'inosate de baryte, si la quantité de baryte ajoutée au commencement de l'opération pour neutraliser la liqueur et décomposer les phosphates alcalins a été trop considérable. C'est presque toujours principalement de l'inosate de baryte que l'on obtient; cela vient du procédé que l'on emploie, et qu'il est difficile de changer, ce principe pouvant facilement dis-

paraître pendant l'opération, si l'on ne prend toutes les précautions indiquées relativement à l'addition de la baryte. L'inosate de baryte cristallise dans les eaux mères du suc de viande, d'où l'on a extrait la créatine. Il faut ajouter à la liqueur un peu d'alcool, ce sel étant très soluble dans l'eau. Celui-ci cristallise surtout en petites lamelles ovales (pl. XLV, fig. 1, *a*, *a*), incolores, transparentes, à bords pâles. Les plus grandes en portent quelquefois des petites superposées et appliquées sur leurs faces (*o*). On en trouve surtout beaucoup qui sont groupées en éventail (*d*), ou en amas étoilés ou rayonnés, très élégants (*h*, *i*, *k*, *e*). On trouve aussi des aiguilles libres (*c*) ou mélangées aux lamelles ovales dans les groupes rayonnés ci-dessus. Les aiguilles et lamelles peuvent former quelquefois des amas rayonnés, en ayant pour centre soit une lamelle plus grande (*f*), soit un prisme terminé en biseau à ses extrémités, de telle sorte que deux de ses faces représentent un ovale allongé comme les lamelles ci-dessus. Ce prisme porte quelquefois deux groupes au lieu d'un (*p*). Les lamelles et aiguilles peuvent être simplement disposées en faisceaux (*g*). Après ces formes, les plus nombreuses sont des amas volumineux, brillants, déjà visibles à l'œil nu, mais dont la disposition très élégante ne peut être vue qu'au microscope (*g*, *n*, *n*). Ils sont formés d'une tige principale représentée par un prisme à quatre pans qu'on peut reconnaître comme terminé en biseau (*l*, *l*), quand on l'examine à un grossissement suffisant (3 à 400 diamètres); près de la base de ce prisme ou à des distances variables dans sa longueur, se voient d'autres prismes plus petits, ayant la même disposition; les uns et les autres sont surchargés d'aiguilles ou prismes plus petits, rapprochés les uns des autres, en divergeant un peu à partir de leur point d'adhérence. La plupart de ces amas, dont chacun est disposé en éventail, sont réunis en croix au nombre de quatre, en adhérant un peu les uns aux autres par leur base, ou au nombre de six à huit et rarement plus. Ils forment ainsi de beaux amas déjà visibles à l'œil nu, qui ont une grande élégance. On trouve enfin des corps cristallins coniques ou fusiformes (*r*, *m*), soit surchargés de petites lamelles appliquées sur toute leur surface (*r*), soit hérissés dans toute leur longueur d'aiguilles et de lamelles coniques ou fusiformes (*m*). Tous ces cristaux colorent la lumière polarisée. Nous les avons décrits d'après de belles préparations faites dans notre laboratoire par MM. Harley et W. Marcet.

Caractères chimiques. L'inosate de potasse se reconnaît à ce qu'il cristallise en prismes à quatre pans allongés et très mince. Il est très soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool et l'éther. Quoique l'acide inosique n'ait pas été trouvé à l'état libre dans l'organisme, nous en parlerons ici, l'étude de ses propriétés pouvant aider à reconnaître les sels qu'il peut former avec la potasse ou la soude.

L'*acide inosique* est incristallisable; il forme, lorsqu'il est pur, un liquide qui ne peut pas se dessécher; il devient solide et dur lorsqu'on

ajoute à l'acide liquide de l'alcool. Chauffé à une température peu élevée, il se décompose en répandant un odeur de rôti. Il est très soluble dans l'eau, complétement insoluble dans l'alcool et l'éther; il rougit le papier de tournesol. Il forme des sels avec la plupart des bases. L'acide inosique se prépare en décomposant ses sels de baryte ou de potasse par un acide plus puissant.

1063. — L'inosate de potasse a été découvert par Liebig (1), dans la partie des muscles extraite par l'eau. C'est aussi au même auteur que l'on doit l'étude des propriétés de l'acide inosique et de ses sels; depuis lors il n'a été publié aucune recherche sur ce sujet.

CHAPITRE XLIX.

ACIDE PNEUMIQUE.

Étymologie : πνεῦμα, *respiration;* πνεύμων, *poumon.*

1064. — L'acide pneumique est un principe immédiat qui se trouve dans le poumon des mammifères. C'est dans la substance organisée du parenchyme de cet organe qu'il est situé, et non dans le sang qui en parcourt les vaisseaux.

On le trouve pendant toute la durée de la vie, chez les jeunes sujets comme chez l'adulte et les vieillards. C'est ainsi, par exemple, qu'on en trouve dans le poumon des jeunes veaux comme dans celui du bœuf.

1065. — La quantité contenue dans ces organes n'a pu être calculée; on peut dire approximativement que chaque poumon en renferme quelques centigrammes. Les deux poumons parfaitement sains d'une femme guillotinée en ont donné environ 5 centigrammes. Certaines conditions morbides semblent déterminer une augmentation de sa quantité plutôt qu'une diminution : c'est ainsi que dans un seul poumon d'un homme atteint dans toute son étendue de pneumonie au deuxième degré, et pesant à lui seul un peu plus que les deux poumons de cette femme suppliciée, il y avait une quantité bien plus considérable d'acide pneumique que dans les deux autres.

1066. — Avec l'eau qui le tient en dissolution, il imbibe les

(1) Liebig, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, Bd. LXII, s. 325.

éléments anatomiques du poumon. Il conserve dans l'économie la réaction acide qui lui est propre. C'est à lui que le parenchyme pulmonaire dont il concourt à constituer la substance doit la propriété de rougir le tournesol. Il ne prend qu'une part secondaire à la constitution de la substance du parenchyme pulmonaire, comme, par exemple, la créatine concourt à la constitution de la substance organisée musculaire. Il est malgré cela, en raison de l'intensité de sa réaction acide, la condition d'existence d'actes importants, la mise en liberté de l'acide carbonique d'une portion des carbonates du sang qu'il décompose. (Voyez t. I, p. 166, et ch. IV.)

1067. — *Origine, conditions de formation.* C'est dans la substance même du poumon que l'acide pneumique se forme ; c'est-à-dire qu'il n'est pas amené par des vaisseaux tout formé. Il se passe ici, plus visiblement peut-être que dans toutes les autres parties du corps, une décomposition d'une substance plus compliquée qui se dédouble, et donne lieu entre autres produits à de l'acide pneumique. L'acide pneumique, comme les acides de la bile, est un produit de décomposition et nullement un produit de groupement de molécules, ou de substances moins compliquées, comme on pourrait le croire. Toutefois on ne saurait encore indiquer d'une manière précise quelle est la substance organique qui cède les éléments chimiques dont est formé l'acide, ni quels sont les autres principes cristallisables qui sont formés en même temps que lui par dédoublement de cette substance organique.

Ce principe disparaît en tant que principe immédiat dans l'organisme même. Lorsque par suite de l'échange endosmotique continu qui a lieu entre le sang des vaisseaux et les liquides faisant partie de chaque élément anatomique, l'acide pneumique passe peu à peu dans les capillaires du poumon, il décompose une quantité des carbonates proportionnelle à la sienne, et passe ainsi à un autre état spécifique, à l'état de pneumate de soude, et peut-être aussi de pneumate de chaux et de potasse. L'acide carbonique devenu libre s'échappe et est remplacé en partie par l'oxygène.

C'est ainsi que se forme une partie de l'acide carbonique exhalé par le poumon. Nous avons vu déjà, en parlant de l'acide carbonique, du carbonate de soude et des acides lactique et urique, comment se forme le premier de ces corps par action de ces acides sur les carbonates. Ainsi on voit, pour l'acide pneumique comme pour les précédents, qu'on ne saurait dire que l'acide carbonique est un produit de la combustion. Nous avons vu en effet que l'oxygène se fixe on ne sait encore au juste à quelle

substance organique (globuline, fibrine, ou albumine). Et entre ce fait et l'exhalation d'acide carbonique, il se passe une succession d'autres actes, la plupart actes chimiques indirects ou de contact, dont le dernier est la décomposition directe des carbonates au fur et à mesure de la formation ou de l'arrivée dans le sang de divers acides ; d'où formation d'acide carbonique et des sels, dont les uns sont directement rejetés aux dehors (urates), ou passent dans l'économie à un autre état spécifique (pneumate de soude), ou comme les lactates passent en définitive, par catalyse dédoublante, à l'état de carbonates, pour être décomposés de nouveau peu à peu par les acides pneumique, lactique, etc. Ainsi on voit encore ici que la manière dont se forment les carbonates, et surtout la manière dont l'acide carbonique devient libre, n'ont rien de la combustion, puisque celui-ci est principalement un produit de la décomposition des carbonates. Quelques auteurs, guidés par une sorte de pressentiment touchant le nombre et la nature des actes successifs qui se passent au sein des tissus entre le fait de pénétration de l'oxygène et d'exhalation du gaz carbonique, ont à diverses reprises été sur le point de faire sentir la différence qui existe entre ces actes et celui de la combustion ; mais sans doute, faute de savoir que mettre à la place de ce qu'ils auraient renversé, ils ont cru avoir levé ou tourné la difficulté en employant ce moyen qui consiste à modifier l'acception primitive d'un mot. Ils ont admis que : il y a *combustion* dans les corps organisés, toutes les fois que l'oxygène se combine *à un corps combustible*. Le cercle vicieux est ici trop évident pour qu'il y ait à le discuter; seulement il faut savoir que c'est surtout en faveur de l'hypothèse de la combustion comme caractérisant la respiration des animaux que l'on a créé ce détour, en fait d'interprétation de mots qui consiste à voir combustion partout où l'oxygène se combine, lors même qu'il n'y a pas production de *feu*, et souvent même pas de dégagement de chaleur évidente, autrement que par l'emploi de moyens les plus délicats. Mais depuis qu'on sait que les fermentations produisent aussi un dégagement de chaleur ; depuis surtout qu'on sait que dans ce qu'on a nommé *combustion lente* des *substances organiques*, en même temps qu'il y a absorption et combinaison d'oxygène, les actes chimiques principaux se trouvent être ceux dits indirects ou catalytiques, on en revient à rendre au mot *combustion* son acception ordinaire et historique, qui est tout aussi scientifique que l'autre, et reste susceptible de continuer à être comprise de tout le monde. On en revient à appeler combustion : toute *combinaison* dans laquelle deux corps produisent du feu lorsqu'ils s'unissent (oxygène et carbone, ou hydrogène, chlore et iode ou fer, soufre et potassium, sodium, manganèse, etc., peu importe), c'est-à-dire lumière et chaleur. Ce n'est en effet qu'alors qu'on dit ordinairement qu'ils *brûlent*. C'est là le fait *objectif* auquel se rattache la notion subjective, c'est-à-dire cérébrale, de combustion. Il est de fait qu'il faut sortir du naturel et forcer l'emploi logique

des facultés intellectuelles pour faire croire qu'un animal qui respire *brûle* ses aliments (dût-on introduire l'artifice de langage qui consiste à dire qu'il y a combustion lente) ; comme s'il n'y avait pas d'autre mode de production d'acide carbonique et de chaleur que la *combustion*, comme s'il n'y avait pas possibilité de décomposition des carbonates, etc. Ce n'est donc qu'en faussant le sens du mot *combustion* qu'on est arrivé à l'employer pour désigner une succession d'actes chimiques, c'est-à-dire moléculaires comme l'acte qu'il désigne, mais d'une autre nature, et qu'on ne connaissait pas encore assez nettement; en sorte que dès qu'on a eu trouvé ce mot à mettre à la place de celui de respiration, on a cru connaître les actes dont il est question, et au lieu de voir ce qui est réellement, chose complexe, on s'est efforcé de démontrer que le mot mis à la place de la réalité la désignait réellement. Si donc nous n'admettons pas qu'il y ait combustion des substances azotées ou des principes ternaires dans les animaux, c'est que : 1° nous voyons l'acide carbonique être produit (ainsi que l'eau, s'il y en a réellement de mise en liberté dans les actes de dédoublement des principes complexes), autrement que par une combinaison de l'oxygène inspiré au carbone de ces principes ; 2° c'est que, d'autre part, l'oxygène qui se fixe dans l'économie ne présente pas, lors de cette combinaison, les phénomènes qui ont reçu généralement le nom de combustion ; 3° c'est que nous voyons enfin dans l'organisme ces substances présenter des actes plus compliqués et plus multipliés que celui qu'on a appelé *combustion*, lesquels donnent lieu aussi à un dégagement de chaleur, d'acide carbonique, etc.

1068. — L'acide pneumique manifeste des actes chimiques indirects de formation, et des actes chimiques directs lorsqu'il passe à l'état de pneumate de soude par décomposition des carbonates. Par ce dernier acte il prend une part importante à l'accomplissement de la respiration ; il constitue ainsi l'un des actes élémentaires fondamentaux de cette fonction ; c'est-à-dire l'acte chimique de production d'acide carbonique, bientôt suivi lui-même des actes physiques d'exosmose et d'endosmose.

1069. — *Extraction.* Pour extraire l'acide pneumique du poumon, il faut hacher et broyer avec de l'eau tiède le tissu, et exprimer au moyen d'une presse tous les sucs. Le liquide présente une réaction légèrement acide ; on le chauffe au bain-marie pour coaguler l'albumine, puis on filtre; la liqueur, après la coagulation de l'albumine, est devenue beaucoup plus acide, et il faut la neutraliser au moyen d'eau de baryte. On concentre alors la liqueur, puis on y ajoute une dissolution de sulfate de cuivre ; il se forme un précipité qu'on sépare par la filtration. Le liquide qui s'écoule contient un excès de sulfate de cuivre et du pneumate de cuivre ; au moyen d'un courant d'hydrogène sulfuré ou d'une dissolution de sulfure de barium, on décompose le sulfate de cuivre et le pneumate de cuivre ; on filtre le précipité et on le concentre jusqu'à consistance de sirop au

moyen d'alcool acidulé par de l'acide sulfurique ; on dissout à chaud l'acide pneumique, qui cristallise par le refroidissement. L'addition d'un peu d'éther à la dissolution alcoolique favorise la cristallisation.

Les cristaux d'acide pneumique se déposent contre les parois du vase, aussi près de la surface du liquide que dans le reste de son étendue. Il forme là des groupes de minces aiguilles, incolores, transparentes, qui ont de 1/4 à 2 centimètres de longueur. Elles partent d'un point central et vont s'irradiant en divers sens ; beaucoup d'entre elles en portent d'autres implantées çà et là obliquement. La disposition élégante de ces aiguilles a quelque chose de particulier qui permet facilement de les distinguer de quelque autres amas cristallins que ce soient. On peut en même temps apercevoir d'autres amas cristallins qui se forment au fond du vase, au milieu du dépôt floconneux pulvérulent d'un blanc grisâtre, formé de substances azotées précipitées par l'éther et l'alcool. Quelquefois il ne s'en forme pas ailleurs. Ces cristaux apparaissent comme de petits points brillants, et, quand il y a de longues aiguilles, on peut en apercevoir faisant saillie à la surface du dépôt. C'est dans ce dépôt qu'on trouve les cristaux les plus réguliers de ceux dont nous allons donner la description.

L'acide pneumique cristallise dans le *type rhomboïdal oblique*, ce que montrent la nature des modifications qu'on observe sur les faces et les arêtes de ces solides. On n'en trouve pas qui présentent la forme type, mais il y a un assez grand nombre de prismes à base rhombe sur lesquels on voit un décroissement égal sur les quatre angles dièdres aigus de la base (pl. XXXV, fig. 4, *a*, *b*, *c*). Il y a également beaucoup de prismes dont les bases et deux grandes faces sont remplacées par un biseau (*d*, *e*, *f*). Quelquefois on en trouve qui sont entrecroisés à angle droit (pl. XXXVI, fig. 1, *a*). D'autres prismes, généralement volumineux, mais plus rares, présentent des modifications un peu différentes sur les angles et les arêtes (pl. XXXV, fig. 4, *g*). On trouve toujours une grande quantité de prismes à faces et arêtes courbes, et dont la base est remplacée par une pyramide à quatre faces (*h*); ils abondent surtout quand le cristal s'est déposé dans l'éther. Les amas formés par ces prismes entrecroisés entre eux sont assez abondants (pl. XXXVI, fig. *b*, *b*). On trouve plus rarement les formes *c* ou les prismes rhomboïdaux aplatis, ayant leurs bases conservées et leurs grandes faces terminées par un biseau provenant de décroissement des quatre arêtes de la base (pl. XXXV, fig. 4, *i*, *k*); souvent il existe en même temps une facette de décroissement à la place des arêtes verticales terminant l'angle dièdre aigu (*i*, *k*). Ces cristaux sont dans quelques circonstances de véritables lamelles (*l*, *m*). Outre les cristaux que nous venons de décrire, conservant encore des formes régulières, on en trouve bien davantage qui se sont allongés en aiguilles de dimensions très variables, mais dont les extrémités laissent encore facilement reconnaître les mêmes modes de décroissement (pl. XXXVI, fig. 1, *f*, *g*, *h*) que ceux

dont il a été question plus haut. Seulement les arêtes qui limitent les faces des deux extrémités du cristal sont ordinairement courbes. Ces aiguilles sont généralement réunies en groupes, dont beaucoup sont assez gros pour être vus à l'œil nu. Ceux-ci sont formés souvent de petits prismes ou aiguilles d'égale longueur, s'irradiant en deux ou trois faisceaux à partir d'un centre (*d*, *f*); d'autres fois les aiguilles sont toutes contiguës et assez nombreuses pour former des amas sphériques, ou à peu près sphériques, qui, lorsqu'ils sont volumineux, ne sont transparents que sur les bords (*i*). Ces formes-là sont les plus abondantes de toutes. On trouve communément aussi des amas formés de deux ou trois faisceaux d'aiguilles entrecroisées à angle droit (*e*). Lorsque les faisceaux entrecroisés sont nombreux, l'amas cristallin prend une forme sphérique. D'autres groupes sont constitués par une aiguille ou un prisme allongé, souvent volumineux, vers le milieu duquel sont implantées de plus petites aiguilles ou prismes (*g*, *h*, et pl. XXXVII, *a*). Les prismes ou aiguilles, chargés d'aiguilles courtes, sont quelquefois entrecroisés entre eux (pl. XXXVII, *b*). Beaucoup de ces prismes sont chargés et entourés de plus petits qu'eux, seulement vers leur base (*d*, *c*); c'est surtout contre les parois du vase qu'on trouve ces groupes cristallins. Dans le dépôt floconneux formé au fond du vase ou contre les parois de celui-ci, mais plus rarement, on rencontre de grandes et volumineuses aiguilles, prismatiques à quatre faces, généralement un peu renflées vers le milieu de la longueur, terminées en pointe des deux côtés (*f*) ou plus souvent d'un seul côté, et taillées en biseau ou en pyramide à quatre faces de l'autre côté (*e*, *g*, *m*, *n*); quelquefois les deux extrémités sont taillées en biseau oblique à bord très mince et tranchant (*h*). Au milieu de tous ces cristaux, on rencontre beaucoup de très petits groupes semblables à ceux décrits plus haut, mais beaucoup moins volumineux (*i*, *k*, *l*). Enfin, les beaux groupements d'aiguilles qu'on voit à l'œil nu contre les parois du vase lorsqu'ils sont portés sous le microscope, peuvent être reconnus comme formés d'aiguilles volumineuses, prismatiques, à quatre faces, s'irradiant à partir d'un centre commun et terminées en pointe à leur extrémité libre (pl. XXXVII, *A*, *B*). Beaucoup de ces aiguilles sont à leur tour chargées d'aiguilles plus petites, qui quelquefois en portent elles-mêmes d'autres (C). Presque toutes les plus grosses ont leurs faces couvertes de petits cristaux très courts et immédiatement terminés en pointe (B).

Les cristaux d'acide pneumique sont très transparents, à peine teintés d'un jaune pâle ambré; leurs arêtes sont toujours d'une grande pureté, extrêmement nettes et incolores. Toutes ces particularités donnent à ces cristaux, et à leurs groupements surtout, une grande élégance, un cachet spécial qui les distingue de toutes les autres espèces de principes cristallisables. Il faut savoir, de plus, qu'ils sont très solubles dans l'eau; en sorte que dès que l'éther ou l'alcool dans lequel on les a placés pour les

dessiner est un peu évaporé, le liquide épais qui reste étant très déliquescent, il en résulte qu'au bout de quelques minutes ils se dissolvent. Leur surface commence par devenir rugueuse (pl. XXXVI, fig. 1, *k*), comme rongée, et peu à peu les arêtes s'arrondissent et disparaissent au fur et à mesure que le solide diminue de volume. C'est là une cause des difficultés qu'offre le dessin de ces cristaux, et il faut, pour éviter cet accident, remettre à chaque instant, entre les deux plaques de verre de la préparation, un peu du liquide dans lequel se sont déposés les cristaux; le dépôt floconneux étant enlevé avec les cristaux aussi un peu dans l'examen de leurs formes.

L'acide pneumique a été découvert par l'un de nous (Verdeil) (1).

CHAPITRE L.

PNEUMATE DE SOUDE.

1070. — Ce principe immédiat se trouve avec l'acide pneumique dans la substance organisée du poumon des mammifères; il se trouve de plus dans le sang qui parcourt les vaisseaux du poumon. Ce principe existe aussi dans le sang pris en masse, mais il disparaît déjà dans la circulation, car on ne le retrouve plus dans l'urine ou dans d'autres produits sécrétés.

Ce principe se forme dans le poumon par suite de la décomposition du carbonate de soude par l'acide pneumique, d'où production d'une portion de l'acide carbonique qui est exhalé. Sa quantité dépend donc de la masse d'acide pneumique formé dans le poumon, et il est difficile de déterminer les proportions de l'acide et du sel de soude. Aussi les chiffres que nous avons donnés plus haut pour l'acide comprenaient-ils aussi la quantité du sel de soude. Dans un poumon sain, il existe toujours plus de pneumate de soude que d'acide pneumique libre.

Ce principe n'ayant pas été trouvé dans l'urine, il est probable qu'il passe dans le sang à d'autres états spécifiques par suite de quelque catalyse telle, que ce corps serve de matériaux pour la formation d'un ou de plusieurs des principes qu'on trouve dans l'urine.

1071. — *Caractères chimiques et extraction.* Le pneumate de soude cristallise dans le même type que l'acide, mais beaucoup plus difficilement, et dans une solution aqueuse seulement; il est très soluble dans l'eau et ne cristallise que par l'évaporation de presque toute l'eau. Il est moins soluble dans l'alcool que l'acide pneumique, et par l'addition d'éther à la solution alcoolique il se précipite sous forme d'une résine non cristallisable.

(1) Verdeil, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in 4°, 1851, t. XXXIII, p. 604.

Pour l'extraire, il faut suivre le même procédé que pour l'extraction de l'acide pneumique ; seulement, pour constater la présence de la soude et voir dans quelle proportion il se trouvait, il faut recueillir le précipité qui a cristallisé par l'addition d'un peu d'acide sulfurique à la dissolution alcoolique et y constater la présence du sulfate de soude.

CHAPITRE LI.

GLYKOCHOLATE (CHOLATE) DE SOUDE.

Synonymie : *non cholate de soude* (Tiedemann et Gmelin, 1825). Mélangé avec le suivant, il a été appelé *biline* (Berzelius), et *bilate de soude* (Liebig, Plattner, Theyer et Schlosser, etc.). *Bile cristallisée* (Verdeil, 1847), *cholate de soude* (Strecker, 1848), *glykocholate de soude* (Lehmann, 1850).

1072. — Ce principe immédiat n'a encore été trouvé que dans la bile de bœuf. Il n'existe pas dans celle du porc.

On ne sait en quelle quantité il se trouve dans la bile, mais il entre pour une part notable dans la masse de ses matières salines. Il y existe à l'état liquide par dissolution directe, car il est très soluble dans l'eau. Il est probable qu'il vient en aide à la solubilité de plusieurs autres principes.

C'est à l'aide de ces caractères, peu étudiés du reste, qu'il concourt à former l'humeur biliaire, et c'est là ce qui constitue ses caractères d'ordre organique, lesquels nous savons être définis d'une manière générale : caractères que les composés quels qu'ils soient présentent dans l'organisme seulement.

Il est très probable que c'est dans le foie qu'il se forme, car on ne l'a pas encore trouvé dans le sang. Il s'en va par l'intestin. On ne sait pas encore quels sont les principes qui cèdent une partie de leurs éléments, qui se combinent pour former ce principe, ni, par conséquent, quelles sont les conditions précises de cette formation.

1073. — *Extraction et caractères chimiques.* Avant de faire connaître le procédé à l'aide duquel on extrait ce composé, nous devons d'abord en faire l'histoire chimique, car il est nécessaire de la bien connaître pour étudier les moyens à l'aide desquels on le retire de la bile et d'autres substances. C'est ce que nous avons fait et ferons pour tous les principes encore peu connus.

Le glykocholate de soude ($NaO. C^{52}H^{42}O^{11}N$) cristallise en aiguilles groupées autour d'un centre ; elles forment des masses demi-sphériques d'un blanc éclatant. Ces cristaux s'altèrent immédiatement à l'air, étant très hygrométriques ; ils fondent à la chaleur et brûlent avec une flamme très charbonneuse. Le glykocholate de soude a un goût amer analogue à celui de la bile ; il est inodore ; il se dissout très facilement dans l'eau et l'alcool, mais il est complétement insoluble dans l'éther. La dissolution de glykocholate de soude dans l'eau est précipitée par l'acétate de plomb ; il se forme un cholate de plomb insoluble dans l'eau. Par l'ébullition prolongée dans une dissolution de potasse caustique, ou mieux encore de baryte, l'acide glykocholique (cholique), qui forme par sa combinaison avec la soude le principe immédiat qui nous occupe, se transforme en un nouvel acide appelé *acide cholalique* et en *sucre de gélatine ;* si, au lieu d'une solution de potasse, on emploie de l'acide chlorhydrique concentré, on obtiendra par l'ébullition, comme produit de décomposition, de l'acide choloïdique et du sucre de gélatine. L'acide glykocholique (cholique) bouilli longtemps dans l'eau devient peu à peu complétement insoluble, et se dépose en masses cristallisées en tables, mais pour la plupart incomplétement formées. Le corps qui se forme dans cette circonstance a été appelé acide *paracholique*, et ne diffère que par la forme de ses cristaux et par son insolubilité dans l'eau de l'acide dont il dérive. La formule de l'acide glykocholique (cholique) donnée par Strecker est $C^{52}H^{42}O^{11}N. HO$.

On a proposé beaucoup de réactions pour reconnaître la bile (action d'un mélange d'acide sulfurique et de sucre) ou ses principes, mais ces colorations (rouge violacé) qu'on obtient au contact de réactifs chimiques n'appartiennent pas uniquement à la bile, et peuvent induire en erreur ; par conséquent, nous n'en tiendrons pas compte par la suite.

Extraction. On peut extraire le glykocholate de soude de l'humeur biliaire de la plupart des animaux, mais préférablement de la bile de bœuf, par le procédé suivant :

La bile, évaporée au bain-marie, puis desséchée dans le vide, est extraite par de l'alcool absolu ; la solution filtrée est mélangée à de l'éther qu'on ajoute peu à peu. La liqueur prend alors un aspect laiteux, et au bout de deux ou trois jours il s'est formé une masse cristalline. Ces cristaux ne sont pas purs, car il se précipite en même temps un autre principe de la bile qui se dépose sous forme de gouttelettes résineuses ; on sépare les cristaux de la liqueur, et on les lave avec un mélange d'alcool et d'éther. Lorsque la masse est ainsi lavée, on la redissout dans l'eau, et l'on ajoute à la solution de l'acétate de plomb, qui précipite de la liqueur le cholate de plomb. Le précipité est décomposé par le carbonate de soude. La solution ainsi formée est évaporée, et le résidu dissous dans l'alcool absolu, d'où il cristallise par l'adjonction d'éther. Les cristaux ainsi obtenus sont du cholate de soude. Il faut avoir soin, immédiatement après les avoir

lavés avec le mélange d'alcool et d'éther, de dessécher les cristaux dans le vide, car les cristaux humectés par l'alcool et l'éther attirent l'humidité de l'air et se transforment bientôt en une masse résineuse demi-liquide. Une fois desséché, le glykocholate de soude est inaltérable à l'air.

Les cristaux de la formation desquels nous venons de parler commencent à se déposer vers le deuxième ou troisième jour au plus tôt. Ils apparaissent sous forme de très petites aiguilles très transparentes, appliquées contre les parois du vase en s'irradiant autour d'un centre. Il s'en dépose bientôt au fond du flacon; mais là ils sont en général en très petits grains sphériques ou hémisphériques, opaques ou opalins. Il peut même quelquefois ne s'en déposer qu'au fond et pas sur les parois, ainsi que nous l'avons vu arriver dans de belles préparations faites dans notre laboratoire par M. le docteur Williams Marcet. Plus on attend, plus les groupes irradiés des parois et les amas du fond augmentent de volume. Ceux des parois finissent par prendre quelquefois un diamètre de 1 centimètre 1/2, ainsi que nous l'avons vu sur les préparations faites par l'un de nous (Verdeil). Ils représentent alors de belles rosaces, formées par des faisceaux de petites aiguilles implantées sur les plus volumineuses, s'irradiant toutes autour d'un centre. En général, ces agglomérations d'aiguilles n'ont pas plus de 1/2 à 1 centimètre; mais leur élégance, due à la finesse, à la transparence, à la netteté et au mode de groupement de leurs aiguilles, est remarquable. Nous en figurons quelques unes à un faible grossissement (pl. XXXIX, *S*); toutes ne sont pas disposées en rosaces, il y en a qui sont en double éventail (pl. XL, fig. *R*), ou en éventail simple (pl. XXXIX, *T*).

Les groupes qui se précipitent au fond du vase y forment une sorte de poussière grenue, blanchâtre. Ces grains varient depuis des dimensions imperceptibles jusqu'au volume d'un grain de chènevis. Nous en avons vu dans les préparations de M. W. Marcet, qui, au bout de plusieurs semaines, ont fini par former des masses hémisphériques, blanchâtres, de plus de 1 centimètre de diamètre, et formées d'aiguilles terminées carrément et visibles à l'œil nu.

Nous allons maintenant décrire la forme des cristaux qui constituent ces rosaces et ces grains cristallins. Nos figures ont été dessinées d'après de très belles préparations faites dans notre laboratoire, avec de la bile de bœuf, par M. le docteur Shaw, qui les a réussies avec une rare perfection. Chaque branche des rosaces (pl. XL, fig. 1, *A*, *B*) est formée par une ou deux grosses aiguilles prismatiques rectangulaires, se terminant en pointe très allongée, dont en un mot l'amincissement commence dès la base. Sur toute la longueur de cette aiguille principale s'insèrent d'autres plus petites, de dimensions variables, mais de même forme. Quelques unes de celles-ci portent à leur tour, soit à leur base, soit plus près de leur sommet, un bouquet circulaire de petites aiguilles. Dans les branches

volumineuses (*B*) quelques unes des plus grosses aiguilles de second ordre peuvent atteindre une très grande longueur sans en porter de plus petites; d'autres, au contraire, en sont chargées sur toute leur longueur ou portent deux à quatre bouquets circulaires, quelquefois très touffus.

Ces aiguilles sont roides, transparentes, à bords nets et se brisent avec facilité; aussi les rosaces sont très fragiles et l'on en trouve beaucoup au fond du vase. Avec les petits grains blanchâtres dont nous allons décrire la structure, on rencontre un certain nombre d'aiguilles (pl. XXXIX, fig. 3, *d*, *d*, *e*) ou de prismes invisibles à l'œil nu. Les prismes sont à quatre faces, terminés ou non en pointe ou en pyramide allongée (pl. XL, fig. 1, *F*, *F*); quelquefois ils sont courts et aplatis comme de petites lamelles étroites et allongées (pl. XXXIX, fig. 3, *c*). On en trouve encore qui sont très étroits et représentent des aiguilles coupées carrément aux deux bouts. Il y a un certain nombre d'aiguilles bifurquées et soudées ensemble au point de bifurcation (pl. XL, fig. 1, *K*, et pl. XXXIX, fig. 3, *e*); elles peuvent alors être au nombre de cinq ou six et former quelquefois une sorte de bouquet isolé (pl. XXXIX, fig. 3, *i*, *h*). Les groupes qui constituent la poussière du fond des flacons où a eu lieu la cristallisation sont formés d'abord de quelques petits bouquets ou éventails d'aiguilles terminées en pointe ou carrément (*m*, *p*, *p*, *q*), assez épais pour être à peu près opaques quand on les voit par transparence. Ces aiguilles peuvent se terminer à des hauteurs différentes, ou toutes au même niveau; alors le faisceau représente un cône tronqué ou une section conique de sphère (*l*). Enfin les grains sphériques ou sphéroïdaux, quelquefois groupés en mamelons ou en choux-fleurs qui se déposent au fond du vase, sont formés par une quantité considérable d'aiguilles disposées comme des rayons autour d'un centre. Elles sont très serrées les unes contre les autres et forment ainsi une masse opaque et noire quand elle est vue par transparence, blanche quand on l'observe à l'aide de la lumière réfléchie. Quelques aiguilles dépassent les autres à la surface de la sphère, ce qui permet de voir qu'elles se terminent carrément à leur extrémité.

Ces cristaux présentent la plus grande difficulté à être observés sous le microscope et surtout à être dessinés. Ils sont, en effet, extrêmement solubles dans l'eau, en sorte qu'à peine placés sous le microscope, l'éther dans lequel ils sont dissous s'évapore; alors la solution, en se concentrant, absorbe l'humidité atmosphérique, et les cristaux deviennent grenus à la surface, leurs angles s'émoussent et ils se dissolvent peu à peu. Il faut en conséquence les placer dans la cavité circulaire creusée à pic dans les verres à microscope épais, cavité qu'on peut recouvrir avec une mince lamelle pour empêcher ou au moins ralentir un peu l'évaporation. Il est possible d'observer et de dessiner ces cristaux en les plaçant dans un verre de montre avec une quantité considérable d'éther. En prenant alors un

objectif faible, ayant une distance focale considérable et un oculaire puissant, on obtient un pouvoir amplifiant qui suffit, et le temps nécessaire à l'évaporation de l'éther est assez grand pour que l'examen puisse être fait. Toutefois, bien avant que l'évaporation soit complète, la solution absorbe de l'eau et les cristaux s'altèrent. On est aussi gêné par les mouvements des groupes cristallins et les grumeaux de matière étrangère coagulée qui sont mêlés à ceux-ci, mouvements dus aux courants que produit dans le liquide la portion qui s'évapore.

1074. — *Historique.* En 1825, Tiedemann et Gmelin (1) donnèrent le nom de *cholate de soude* à un composé qui fut reconnu pour être constitué par divers corps mélangés, et ne fut pas regardé comme un principe immédiat.

Un grand nombre de travaux furent faits sur ce sujet sans conduire à aucun résultat bien net, lorsque Plattner parvint à faire cristalliser un corps de la bile (2), qui plus tard fut reconnu pour celui que nous venons de décrire. L'un de nous (Verdeil) arriva aux mêmes résultats (3), et prit ces cristaux pour de la bile cristallisée. Peu après, Strecker fixa nos connaissances à l'égard de cè sel en montrant qu'il y a dans la bile de bœuf deux sels bien déterminés : l'un auquel il donna le nom de cholate de soude (4), c'est celui que nous venons de décrire ; et le choléate ou taurocholate, dont nous allons bientôt faire l'histoire.

Les résultats auxquels M. Strecker est arrivé semblent établir d'une manière décisive la nature de l'humeur biliaire des divers animaux. Strecker a reconnu que le précipité cristallin obtenu par le mélange d'éther à une solution de bile dans l'alcool était un sel formé par la combinaison d'un acide particulier qu'il désigne sous le nom d'*acide cholique* avec la soude. Il se précipite en même temps, sous forme de gouttelettes résineuses, une substance formée par la combinaison d'un acide choléique avec de la soude. Strecker considère donc la bile comme formée du mélange de deux sels de soude, le cholate de soude qui cristallise, et le choléate de soude qui ne cristallise pas. L'acide du premier de ces sels, l'acide cholique, contient de l'azote, mais pas de soufre ; l'acide choléique est aussi azoté, mais contient de plus du soufre ; la forte proportion de soufre que l'on trouve dans la bile provient uniquement de l'acide choléique.

Ces deux sels de soude constituent, d'après Strecker, à eux deux presque entièrement l'humeur biliaire, avec de petites quantités de cholestérine, d'acides gras et de sels à bases de potasse, d'ammoniaque et de magnésie.

(1) Tiedemann et Gmelin, *Rech. expérim. sur la digest.*, trad. par Jourdan. Paris, 1827, t. I, p. 41.

(2) Plattner, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1842, t. XLI, p. 105.

(3) Verdeil, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, t. LIX, p. 313.

(4) Strecker, *Journ. de chim. et de pharm.*, 1848, t. XIII, p. 215; 1849, t. XV, p. 153, et vol. XVI, p. 450.

Mais la faible proportion dans laquelle on les retire de la bile nous ferait croire que celle-ci renferme encore d'autres principes non isolés.

Ces deux acides se transforment, par l'action des alcalis ou des acides d'origine minérale : l'un, celui qui ne contient pas de soufre, en *acide cholalique* (acide cholique de Demarçay), et en *glycocolle*; l'autre, l'acide choléique, qui contient du soufre, est décomposé par les mêmes agents en *acide cholalique* et en *taurine*. Lehmann le nomme (1) *glykocholate de soude*. Ce dernier décrit sous le nom d'acide cholique un produit qui a pour formule $C^{48}H^{39}O^{9}HO$, qui n'est pas un principe immédiat (p. 123).

CHAPITRE LII.

TAUROCHOLATE (CHOLÉATE) DE SOUDE.

Synonymie : *Choléate de soude* (Demarçay, 1838). Mélangé avec le précédent, il a été appelé *biline* (Berzelius, 1841, et Mulder, 1847) et *bilate de soude* (Liebig, 1843; Plattner, 1842; Theyer et Schlosser, 1843-45; Kemp, 1844; Redtenbacher, 1846). *Choléate de soude* (Strecker, 1848). *Taurocholate de soude* (Lehmann, 1850).

1075. — Ce principe a été trouvé, comme le glykocholate, dans la bile des mammifères, sauf le porc. Son existence n'a pas été constatée ailleurs que dans l'humeur biliaire. Quelques auteurs ont obtenu dans plusieurs liquides les diverses réactions qui sont considérées par eux comme indiquant la présence de la bile et dont nous avons parlé dans le chapitre précédent; mais on n'a pas pu dire à quels principes immédiats spécialement on avait affaire. On ne peut par conséquent pas les considérer comme indiquant réellement la présence du taurocholate de soude.

Le taurocholate de soude est le plus abondant des principes de la bile après l'eau. Il est dans la bile à l'état liquide par dissolution directe dans l'eau. Ayant la propriété de dissoudre les graisses, il est probable qu'il a une grande part à la dissolution de celles qui se trouvent dans la bile.

On ne sait pas encore si c'est à cette propriété du choléate de soude de dissoudre les corps gras que la bile doit ses propriétés dans l'acte de la digestion ; en tout cas, on ne saurait lui rapporter la propriété de dissoudre ou du moins d'émulsionner les graisses alimentaires, puisque le fluide pancréatique a cette propriété et que la bile, prise comparativement, ne l'a pas. Elle émulsionne à peine et sans diviser les graisses, tandis que le fluide pancréatique et pur, seul, hors de l'intestin, produit cet effet. (Bernard.)

Le reste comme au chapitre précédent.

1076. — *Extraction et caractères chimiques.* Le taurocholate, ou cho-

(1) Lehmann, *Lehrbuch der physiol. Chemie*, 2e édit. Leipzig, 1850, t. I, p. 227.

léate de soude, ne cristallise pas. Ce fait et diverses analyses nous portent à soupçonner que ce corps n'est qu'un mélange de plusieurs principes réels, susceptibles d'être obtenus à l'état cristallin, et par conséquent qu'il y a dans la bile plus de deux principes spéciaux d'origine organique. Il est solide, blanc ; il attire l'humidité de l'air, sans toutefois se liquéfier ; il a un goût douceâtre avec un arrière-goût amer ; il fond à la chaleur, et brûle avec une flamme charbonneuse. Il est soluble dans l'eau et l'alcool, mais complétement insoluble dans l'éther. Il est sans action sur les réactifs colorés. Les acides et l'acide carbonique ne décomposent pas ce sel ; l'acétate de plomb basique précipite, d'une solution de choléate de soude, du choléate de plomb. A l'état de pureté, ce sel ne se décompose ni par l'évaporation, ni par un long séjour à l'état de solution dans l'eau ; mais la présence d'une petite quantité d'une substance animale azotée lui fait subir une altération sensible ; la solution de la substance altérée peut alors être précipitée par les acides.

L'acide taurocholique ou choléique, qui forme avec la soude le principe immédiat que nous étudions ici, se décompose, par une ébullition prolongée dans une solution de potasse caustique, en *acide cholalique* et en *taurine*. Le produit de la décomposition par l'action de l'acide chlorhydrique est l'*acide choloïdique* et la *taurine*. L'acide choléique peut donc être considéré comme composé d'*acide cholalique* et de *taurine*, tandis que l'acide cholique qui se rencontre avec lui dans la bile est composé d'acide cholalique et de sucre de gélatine. Il a pour formule $C^{52}H^{45}AzS^2O^{14}$. Cet acide n'a pas encore été obtenu à l'état de pureté parfaite, il est toujours souillé d'un peu d'acide cholique. Quand on le décompose par la potasse ou l'acide chlorhydrique, il se forme un acide ne contenant pas de soufre, et de la taurine qui contient à elle seule tout le soufre de l'acide décomposé.

Il est à remarquer que l'acide choléique et l'acide glykocholique sont des acides azotés, et que leur composition ne les rapproche pas de celle des acides gras, non plus que leurs propriétés. Leurs sels de soude n'ont pas non plus les propriétés des savons ou sels gras alcalins. Il ne faut donc pas comparer la bile à un savon. Cette comparaison, qui date de Cadet (1), a été mise en avant d'après cette idée théorique, que la bile est chargée de dissoudre et d'émulsionner les graisses alimentaires, idée actuellement reconnue comme inexacte d'après l'expérimentation directe ; du moins elle n'est là qu'accessoire, et c'est sur la digestion des corps azotés qu'elle influe principalement.

Extraction. Le choléate de soude ne cristallisant pas, il est très difficile de l'obtenir dans un état de pureté parfaite. Voici cependant le procédé par

(1) CADET, *Mém. sur l'analyse de la bile* (*Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1767).

lequel on peut l'obtenir à l'état de plus grande pureté. C'est encore la bile du bœuf qui est la plus propre à l'extraction de ce principe immédiat. On élimine d'abord en grande partie le cholate de soude de la bile purifiée au moyen d'acétate de plomb; il se précipite en même temps la plupart des graisses contenues dans l'humeur biliaire; on ajoute alors à la solution filtrée du sous-acétate de plomb et un peu d'ammoniaque. Le nouveau précipité qui se forme est décomposé par le carbonate de soude; il se forme alors du choléate de soude qu'on dissout dans de l'alcool absolu; par l'addition d'un peu d'éther, le choléate de soude se précipite sous la forme d'une masse résineuse jaunâtre, qui peut être décolorée. Pour constater sa présence dans les humeurs et les tissus animaux, la réaction avec le sucre et l'acide sulfurique ne suffit pas, il faut traiter la masse qu'on veut examiner par la potasse ou l'acide chlorhydrique, et chercher à obtenir des cristaux de *taurine;* cette substance est facile à reconnaître, surtout à cause de la quantité de soufre qui entre dans sa composition.

1077. — *Historique.* Ce principe et le précédent n'ayant été connus que mélangés pendant assez longtemps, le commencement de cet historique se rapporte au premier comme à lui. Il a été découvert par Demarçay, dans son travail sur la bile (1). Les résultats auxquels il arriva lui firent considérer la bile comme essentiellement composée par un sel de soude, formé par un acide qu'il appelle *acide choléique.* Cet acide est, après la dessiccation, jaune, spongieux, très hygrométrique; il se dissout facilement dans l'alcool, et n'est pas insoluble dans l'eau. Une fois séparé de l'humeur biliaire et combiné de nouveau à une base, il est facilement précipité par les acides les plus faibles, même par l'acide acétique, ce qui n'a pas lieu avec la bile. Les acides forts ont une action particulière sur cette substance à la température de l'ébullition; ils la décomposent en *acide choloïdique* (acide résineux) et en *taurine.*

Theyer et Schlosser (2) (1843-45) publièrent des recherches nouvelles sur la bile de bœuf, dont ils conclurent que la bile est composée d'un acide bilique combiné avec la soude, résultat auquel Demarçay était déjà arrivé, et comme lui ils confondirent le cholate et le choléate de soude en un seul principe immédiat. Kemp (3) (1844) a fait plusieurs analyses de l'acide bilique provenant de l'humeur biliaire de divers animaux, et arriva aux mêmes résultats que MM. Theyer et Schlosser. La découverte

(1) H. DEMARÇAY, *De la nature de la bile* (*Ann. de chim. et de phys.*, 1838, t. LXVIII, p. 177).

(2) THEYER et SCHLOSSER, *Beitræge zur Kenntniss der Galle und der Zersetzungs Product.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1843, Bd. XLVII, s. 358).

(3) KEMP, *A letter to prof. Liebig on some representations contained in his second edit. of his work, int. animal chemistry* (*Buchn. Repertorium*, 1844, t. XXXV, p. 152).

d'une grande proportion de soufre dans la composition de la taurine, découverte faite par Redtenbacher (1), rendait une nouvelle étude de l'acide bilique nécessaire, vu qu'on n'avait pas encore trouvé de soufre dans la composition de cette substance. L'un de nous (Verdeil) (2) ne trouva pas de grandes différences entre ses analyses et celles déjà faites sur la partie de la bile précipitée par l'éther et distincte de la bile cristallisée; mais il montre l'existence d'une grande proportion de soufre, 3,8 pour 100, ce qui avait échappé jusqu'alors.

Strecker (3) a vu ensuite les mêmes faits, mais les a précisés davantage; il précipita en même temps que du cholate de soude un autre sel, celui dont nous venons de parler. Il montra, en un mot, que le choléate de soude de Demarçay était formé par deux sels, le cholate ou glykocholate de soude, et un autre plus abondant, auquel il conserve le nom de choléate de soude. Il se dépose sous forme de gouttelettes résineuses qui ne cristallisent pas. C'est l'acide choléique qui renferme du soufre, et non l'acide cholique (glykocholique). L'acide choléique peut être précipité de la bile par l'acétate de plomb basique, mais non par l'acétate neutre. L'action des alcalis le décompose en acide cholalique et en taurine. Lehmann le nomme *acide taurocholique* (4). C'est à tort que l'un de nous (5) a pensé que le *choléate de soude* de Demarçay devait être conservé comme distinct du taurocholate de soude.

CHAPITRE LIII.

HYOCHOLINATE, HYOCHOLATE OU HYOCHOLÉATE DE SOUDE.

1078. — Ce principe n'a encore été rencontré que dans la bile du porc, qu'il constitue en grande partie. Il tient lieu ici des sels précédents, et *vice versâ*. Il est dans la bile à l'état de dissolution directe.

1079. — Le reste de son histoire anatomique n'est pas plus avancé que celle des sels précédents, nulle expérience directe n'ayant encore été faite sur ces principes dans le but déterminé d'arriver à connaître de quelle manière par leur état liquide ils servent ensuite de dissolvant pour les autres principes de la bile, ce qui alors conduira à la connaissance de la constitution de ce liquide; puis, dans le but de savoir, au point de vue

(1) Redtenbacher, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1846, t. LVII, p. 145-170.

(2) Verdeil, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, vol. LIX, p. 313.

(3) Strecker, *Journ. de pharm. et de chim.*, 1848, vol. XIII, p. 215, et 1849, vol. XV, p. 153, vol. XVI, p. 450.

(4) Lehmann, *loc. cit.*, 1850, t. I, p. 337.

(5) Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie*, in-4°, 1850, 10e tableau, 2e col., n° 99.

physiologique, quelle part chacun d'eux prend à la dissolution des matières alimentaires sur lesquelles agit la bile.

1080. — *Extraction et caractères chimiques.* L'*hyocholéate de soude* ($NaO. C^{54} H^{43} Az. O^{10}$) ne cristallise pas. Même remarque ici qu'au paragraphe correspondant du choléate de soude. Il forme, à l'état pur une masse solide, jaunâtre, qu'on peut réduire en une poudre parfaitement blanche, inaltérable à l'air, d'un goût franchement amer; elle fond à la chaleur et brûle avec une flamme charbonneuse. Le hyocholéate de soude est soluble dans l'eau et l'alcool, mais insoluble dans l'éther; il rougit la teinture de tournesol. Il est précipité comme les savons, de sa solution dans l'eau, par les sels alcalins. Les sels de baryte, de chaux et de magnésie produisent, dans les solutions de hyocholéate de soude, un précipité blanc qui se redissout par la chaleur. L'acétate neutre de plomb produit aussi un précipité; les acides en précipitent complétement l'acide hyocholéique. L'ébullition prolongée de l'acide hyocholique ou de ses sels, soit avec l'acide sulfurique, soit avec l'acide chlorhydrique, le transforme en sucre de gélatine et en un acide résineux analogue à l'acide choloïdique.

L'hyocholéate de soude donne lieu, avec le mélange d'acide sulfurique et de sucre, à la même coloration d'un rouge violet dont nous avons parlé pages 468 et 472.

Pour l'extraire, on dissout dans de l'alcool absolu le précipité formé dans la bile du cochon par une solution de sulfate de soude; on décolore la solution par un peu de charbon animal, et, par l'addition d'un peu d'éther, le hyocholéate se dépose. Ce précipité, lavé et desséché, est du hyocholéate de soude pur. Ce sel a été découvert en 1847 par Gundelach et Strecker (1).

CHAPITRE LIV.

ACIDE LITHOFELLIQUE OU LITHOFELLINIQUE.

1081. — Ce principe se rencontre dans les *bézoards orientaux*, concrétions intestinales des ruminants, calculs qui sont probablement d'origine biliaire, et dans certaines concrétions de la vésicule du fiel. On ne l'a encore rencontré que dans ces corps; il constitue la majeure partie de la masse des premières de ces concrétions. On ne le connaît encore dans l'économie qu'à l'état solide, mélangé à diverses substances colorantes brunâtres ou verdâtres de la bile.

1082. — Il forme certainement un des principes immédiats de la bile des mammifères herbivores, au moins dans certaines conditions tempo-

(1) Gundelach und Strecker, *Annalen der Chem. und Pharm.*, 1847, vol. LXII, p. 205.

raires, puisqu'on le rencontre dans les concrétions biliaires ; mais on ne sait rien sur le lieu précis ni sur le mode de sa formation.

1083. — *Extraction et caractères chimiques.* L'acide lithofellique ($C^{40}H^{36}O^7.HO.$) s'extrait des calculs en dissolvant ceux-ci dans l'alcool, et pour cela il faut les traiter plusieurs fois par ce liquide. On décolore ensuite la solution par le charbon (1). On le reconnaît par les caractères suivants : Il cristallise en très petits prismes transparents, hexaédriques, courts, à face terminale droite. Ils sont durs, faciles à pulvériser, insolubles dans l'eau, solubles en grande quantité dans l'alcool chaud (dans 6 parties à chaud et 30 à froid), quoique avec beaucoup de lenteur, et tout aussi lents à cristalliser dans cette dissolution. Celle-ci a une réaction acide. Il est peu soluble dans l'éther (444 parties). Il fond à 205 degrés. Si l'on n'a pas dépassé cette température, il se solidifie et reprend un aspect cristallin en devenant opaque. Si l'on dépasse un peu 205 degrés, il se prend en une masse vitreuse cassante, non cristalline, électrique par frottement. De plus, il est devenu alors fusible à 105 ou 110 degrés sous forme d'une masse filamenteuse et visqueuse. Chauffé à l'air jusqu'à fusion, il se volatilise sous forme de vapeurs blanches d'une légère odeur aromatique. Il brûle avec une flamme brillante, fuligineuse.

Il est très soluble dans l'ammoniaque caustique et carbonatée ; il abandonne l'ammoniaque par évaporation. La dissolution précipite aisément les sels de chaux et de baryte. L'acide chlorhydrique le précipite de l'ammoniaque sans altération, sous forme de poudre blanche. La potasse caustique le dissout aussi très facilement et abondamment. Saturée, la dissolution n'est que faiblement alcaline. Les acides forment aisément, dans cette dissolution, un précipité épais et caillebotté, qui se dépose bientôt en masse, devient pulvérulent, et prend, après dessiccation, un aspect blanc et terreux. C'est encore la variété amorphe de l'acide ; elle entre aussi en fusion à 105 degrés : c'est sous cet état qu'il se trouve dans les concrétions. L'acide lithofellique est soluble dans l'acide sulfurique concentré ; l'eau forme un nuage laiteux. Il est aussi soluble dans l'acide acétique concentré et cristallisé par évaporation spontanée (2).

1084. — Il a été découvert, nommé et décrit par Gœbel, dans le travail cité plus haut. Wœhler, d'abord seul, puis avec Merklein (3), ainsi que Taylor (4), l'ont également étudié. Ce sont les seuls auteurs qui aient

(1) GŒBEL, *Sur l'acide lithofellique, nouveau principe des calculs biliaires* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1841, t. XXXIX, p. 237, et *Journ. de chim. méd.*, 1841, t. XXVII, p. 678).

(2) WOEHLER, *Sur l'acide lithofellique* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1842, vol. XLI, p. 150, et *Journ. de chim. et pharm.*, 1842, t. I, p. 201).

(3) MERKLEIN und WOEHLER, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1846, t. LV, p. 129-143.

(4) TAYLOR, *Philos. magaz.*, 1847, t. XXVIII, p. 192.

donné sur ce principe des renseignements utiles à son histoire anatomique.

Ettling et Will, Malaguti et Sarzeau ont publié sur ce principe des travaux qui se rapportent seulement à son histoire chimique ; il est donc inutile de les citer ici.

DEUXIÈME TRIBU

DE LA DEUXIÈME CLASSE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

PRINCIPES NEUTRES ET ALCALOÏDES AZOTÉS OU ANIMAUX.

Synonymie : *Alcaloïdes ou bases organiques* (Lœwig), *alcaloïdes azotés* (Lehmann), *bases organiques animales* (Gorup-Besanez), *combinaisons ammoniacales copulées* (Berzelius), *bases organiques copulées*.

1085. — Cette tribu renferme tous les principes de la deuxième classe qui sont des *composés neutres, ou jouant le rôle de base près de quelques acides* (urée, créatinine), *brûlant avec peu de flamme, et donnant des produits empyreumatiques azotés ou ammoniacaux sans laisser de résidu minéral*. Tous sont des corps de composition élémentaire quaternaire ou même quinquennaire, quand, en même temps que de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote et du carbone, ils contiennent du soufre.

1086. — Les principes de cette tribu sont au nombre de cinq bien déterminés. Ce sont :

1° La créatine.
2° La créatinine.
3° L'urée.
4° L'allantoïdine, ou allantoïne.
5° La cystine.

1087. — A l'exception de la créatine, de la créatinine, qui se trouvent en petite quantité d'une manière constante dans des tissus, les principes de cette tribu n'existent en quantité notable que dans les humeurs excrémentitielles ; partout ailleurs leur accumulation est un dérangement des conditions d'existence de l'organisme, lequel se manifeste par divers symptômes ou modifications des actes normaux.

Non plus que ceux de la première tribu, ils ne jouissent

d'aucune propriété nutritive ou organoleptique interne (voyez § 793, p. 169). Seulement les principes de cette tribu d'origine végétale ont sur nous une action utile (médicamenteuse) ou nuisible (toxique).

La part qu'ils prennent à la constitution de la substance organisée est encore moindre que pour les principes de la première tribu. Ils sont purement excrémentitiels ; ils s'éloignent autant que possible, sous tous les rapports, des principes des deux autres classes ou principes constituants proprement dits.

1088. — Nous avons vu comment se forment les principes de cette tribu (§§ 210 à 215, t. I, p. 225 à 230). Ce n'est pas seulement chez les animaux qu'il s'en forme. Les végétaux en renferment également qui se forment par catalyse désassimilatrice ou dédoublante des substances organiques. Or tandis que chez les animaux toutes les *substances organiques* sont azotées et coagulables, dans les plantes on trouve deux groupes de *substances organiques* : les unes sont analogues à celles des animaux ; les autres ne sont pas azotées et ne sont pas coagulables. De même aussi nous trouvons chez ces derniers deux groupes correspondants de principes cristallisables de cette tribu. L'un renferme les principes azotés, analogues en cela à ceux dont nous venons de donner la liste : tels sont la quinine, la strychnine, la berbérine, la théine ou caféine, la pipérine, la théobromine, etc. L'autre groupe est formé par les composés cristallisables non azotés, qui ne sont pas des corps gras (salycine, etc.). La présence de principes azotés cristallisables, en même temps que des substances azotées coagulables qui en fournissent les matériaux, prouve plus que tout autre fait contre la formation *par combustion* des principes dont nous avons donné la liste plus haut, puisque dans les plantes les actes chimiques de la respiration sont admis comme étant inverses de ceux à l'aide desquels on a cru prouver l'existence de la combustion chez les animaux. Ici l'étude des principes immédiats vient, comme celle des éléments anatomiques, montrer que ces *actes chimiques élémentaires de nutrition* sont de même ordre dans les animaux et les végétaux (actes chimiques indirects), et que l'opposition qu'on a voulu établir entre eux n'existe pas ; seulement les conditions physiques dans lesquelles se passe le phénomène sont différentes, et les matériaux ne sont pas les mêmes. En un mot, en fait de principes immédiats, tout ne se fait pas dans les végétaux pour traverser ensuite l'organisme animal et s'y détruire chemin faisant ; seulement les végétaux font des substances organiques avec des matériaux qui peuvent être d'origine minérale, et celles-ci servent, comme chez les ani-

maux, de matériaux pour la formation de principes cristallisables azotés. Mais dans les plantes il y a accroissement continu non limité, parce que ces actes chimiques élémentaires désassimilateurs ne sont pas, comme chez l'animal, proportionnés à ceux dits assimilateurs ; aussi à l'autre extrême des parties de l'organisme, il y a absence d'appareils de déjection en corrélation, comme chez ce dernier avec les appareils d'ingestion et d'absorption.

CHAPITRE LV.

CRÉATINE.

1089. — La créatine est un des principes immédiats les plus importants à connaître, en raison de l'assez grande généralité de sa distribution dans l'économie animale.

Elle existe dans le tissu musculaire de la vie animale. C'est le seul tissu dans lequel on l'ait trouvée ; il y en a dans le sang (1) ; elle existe aussi dans l'urine. Liebig l'y a trouvée en assez grande quantité, pour qu'il ait cru devoir conseiller comme plus avantageux de la retirer de ce liquide plutôt que de la chair musculaire. Nous en avons trouvé dans l'urine de porc, mais en fort petite quantité proportionnellement à la créatinine. Cette substance se rencontre non seulement dans les liquides précédents, mais encore dans le liquide amniotique humain. Scherer (2) pense en avoir constaté la présence dans cette humeur, et nous avons pu nous assurer du fait sur le liquide amniotique d'une femme morte au huitième mois de la grossesse.

1090. — Cette substance semble, par conséquent, devoir être considérée comme apparaissant de très bonne heure dans l'économie, et elle y persiste jusqu'à la mort.

1091. — La quantité de créatine qui existe dans chaque

(1) Verdeil et Marcet, *Recherches sur les principes immédiats qui composent le sang de l'homme et des principaux mammifères* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1851, t. XX).

(2) Scherer, *Anal. d'un liquide amniotique* (*Annuaire de chimie* par Millon et Reiset, année 1850, Paris, in-8°, p. 576).

tissu et humeur n'a encore été déterminée que très approximativement ; c'est dans les muscles de la martre et des poules qu'on en a trouvé le plus. Il y en a une assez forte proportion dans l'urine de l'homme, et moins, toutes proportions gardées, dans l'eau de l'amnios. Dans le sang, on n'en trouve que fort peu. Nous donnons ici les seuls nombres proportionnels qui aient été indiqués relativement à ce principe :

Cœur de bœuf......	(1)	... 1,37	pour 100.
Id...........		... 1,41	—
Chair de cheval.....	(2)	... 0,72	—
Chair de bœuf......		... 0,69	—
Muscles de l'homme (3).........		0,67	—

La viande maigre en contient plus que la viande grasse. Le tissu du cœur est celui qui en renferme le plus. Liebig en a surtout trouvé beaucoup dans les muscles de l'homme (4).

1092. — La créatine est toujours à l'état liquide dans l'économie, par dissolution directe dans l'eau. Elle est en effet très soluble dans ce liquide.

1093. — La créatine est chimiquement un corps indifférent, ne jouant ni le rôle d'acide ni celui de base; ceci se joint à l'expérience directe de la facilité avec laquelle on l'enlève par le simple lavage, pour montrer qu'elle n'est pas unie aux sels ni aux *substances organiques* des muscles, et ne concourt que très secondairement à la constitution de la substance des éléments anatomiques de ce tissu. Elle n'y prend part que comme principe excrémentitiel tendant incessamment à être rejeté. Il faut donc se garder de la considérer comme un des principes nutritifs importants de la viande. Elle n'est pas assez abondante pour qu'on puisse dire que c'est exclusivement à ses produits de décomposition par le feu qu'est due l'odeur empyreumatique des viandes rôties, d'autant plus que la fibrine rôtie donne une odeur analogue.

1094. — La créatine se forme bien évidemment dans le

(1) GREGORY, *Sur les proport. de créatine que renferment certaines espèces de chair musculaire* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, t. LXIV, p. 100).

(2) LIEBIG, *Sur les principes des liq. de la chair musculaire* (*Ann. de chim. et de physiq.*, 1847, t. XXIII, p. 129).

(3) SCHLOSSENBERGER, *Arch. für phys. Heilk.*, 1847, Bd. 7, s. 209.

(4) LIEBIG, *Nouv. lettres sur la chim.*, trad. fr. Paris, 1852, in-8°, p. 199.

tissu musculaire, puis est reprise par le sang pour être rejetée par les urines comme l'urée. On ignore complétement les réactions particulières d'après lesquelles se passe le phénomène. (Voyez aux caractères généraux de la classe, p. 353.)

1095. — *Procédés d'extraction et caractères chimiques.* La créatine ($C^8H^9Az^3O^4$. 2HO) cristallise en prismes rectangulaires; ces cristaux sont transparents, brillants et nacrés; ils contiennent 2 atomes d'eau. A 100 degrés, ils perdent leur eau de cristallisation, et se décomposent à une température plus élevée. La créatine a un goût âpre; elle est inodore, inaltérable à l'air. Elle est soluble dans 74,4 parties d'eau froide; dans l'eau bouillante elle est très soluble; elle se dissout dans 9410 parties d'alcool, et pas du tout dans l'éther. La créatine n'a pas d'action sur les réactifs colorés, et ne forme pas avec les acides des sels; elle se dissout dans de l'eau de baryte sans se transformer, et peut cristalliser de cette solution; mais si l'on fait bouillir une solution de créatine dans de l'eau de baryte, cette première se transformera en ammoniaque et en acide carbonique, ou bien en urée et en *sarcosine*. La créatine se dissout aussi sans transformation dans les acides faibles, mais dans les acides forts et par l'action de la chaleur elle se transforme, en abandonnant 2 atomes d'eau, en *créatinine*. Poids atomique de la substance anhydre : 1637,5 et non 1412,5, comme le dit Heintz (1), qui, ainsi que nous le verrons plus loin, a opéré probablement sur la créatine et la créatinine mélangées, ou plutôt seulement sur celle-ci, puisque ce nombre en est la formule. La créatine contient les éléments du glycocolle (sucre de gélatine anhydre), plus 1 atome d'ammoniaque (2).

Extraction. Pour obtenir de la créatine, il faut l'extraire de la chair musculaire, soit de bœuf, soit de cheval ou de poule; on peut encore l'obtenir de l'urine fraîche d'homme. Pour s'en procurer une certaine quantité, on coupe en petits morceaux des muscles de bœuf ou de cheval, on les extrait par l'eau froide distillée, et on les presse fortement pour que tout ce qui est soluble dans l'eau soit entraîné. La solution, rougie par de la matière colorante du sang, est chauffée au bain-marie jusqu'à coagulation de l'albumine et de la matière colorante contenue dans le liquide. On sépare cette albumine par la filtration, et l'on obtient un liquide parfaitement incolore; ce liquide, qui rougit fortement le papier de tournesol, est neutralisé par de la baryte qui précipite en même temps les phosphates alcalins qui sont contenus en grande quantité dans la solution. La liqueur est évaporée au bain-marie; il se forme sur la surface du liquide une peau qu'on enlève lorsqu'elle

(1) Heintz, *loc. cit.*, 1847, p. 501.

(2) Liebig, *Recherches de chimie animale* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 69-71).

se forme; arrivée à consistance de sirop, la liqueur est abandonnée à elle-même dans un endroit chaud; et l'on voit bientôt les parois du vase qui la contient se couvrir de cristaux brillants en forme d'aiguilles courtes. Ces cristaux peuvent être purifiés par une nouvelle cristallisation et par le charbon animal. Pour avoir une quantité appréciable de créatine, il faut prendre au moins 4 kilogrammes de viande de bœuf ou de cheval.

Le procédé, pour obtenir la créatine de l'urine, consiste à évaporer de l'urine fraîche qu'on traite par de l'eau de chaux et du chlorure de chaux; on filtre la liqueur et l'on élimine la plupart des sels inorganiques par la cristallisation; la partie liquide est alors traitée par du chlorure de zinc et abandonnée à elle-même pendant quelques jours; il se forme au bout de ce temps une masse de cristaux au fond et sur les bords du vase; ces cristaux sont un mélange de créatine et d'une combinaison de chlorure de zinc avec un autre corps appelé *créatinine*. Ces cristaux sont séparés du liquide, lavés et traités par de l'oxyde de plomb hydraté, qui décompose le sel de zinc et de créatinine en chlorure de plomb basique insoluble et en oxyde de zinc et en créatine qui reste dans la solution. La liqueur filtrée est évaporée à siccité et traitée par de l'alcool bouillant; la créatinine est dissoute par l'alcool, et la créatine reste à l'état insoluble.

Le *mode de cristallisation* de la créatine est important à étudier, parce qu'il permet facilement de reconnaître à l'aide du microscope cette substance, alors même qu'elle n'existe qu'en petite quantité dans un liquide.

Ce corps cristallise dans le troisième type, celui du prisme rectangulaire droit et rhomboïdal droit (klino-rhomboïdal ou klino-rhombique). Le prisme rectangulaire droit est la forme la plus fréquente, surtout quand on n'opère que sur une petite quantité de liquide, comme par exemple sur celui obtenu de 6 à 10 kilogrammes de viande. Dans ce cas, il n'est pas rare de ne trouver aucun prisme à base rhomboïdale ou ses dérivés.

Les cristaux peuvent en outre présenter quelques différences de volume, selon la nature du liquide et la rapidité de la cristallisation. Ils diffèrent également de volume et de forme selon qu'il s'agit d'un extrait de viande de bœuf ou de cheval, de chien, de poule, etc.; ou suivant que chez le même animal on prend la chair des muscles ou du cœur, toutes les autres conditions restant les mêmes; ou encore suivant qu'il s'agit d'extrait de viande ou d'urine. Ces particularités de cristallisation sont aussi évidentes pour la créatinine que pour la créatine, mais elles portent alors principalement sur le volume et le degré de convexité des *cristaux naviculaires* de créatinine.

Dans le bouillon de viande on trouve deux variétés principales de cristaux. Les uns sont des prismes rectangulaires des plus réguliers, dont les arêtes sont extrêmement nettes et pâles; les angles dièdres de ces solides sont de la plus grande netteté. Ils ont de plus, vus par transparence au microscope, une teinte claire et brillante, d'un blanc d'argent ou nacré

tout particulier et très caractéristique. Ces cristaux sont les moins nombreux et de dimensions très variables (pl. XXII, fig. 2). Les uns sont aplatis et courts (*a*), d'autres sont allongés (*b*, *c*, *d*) et volumineux, et quelques uns sont de même forme, mais très minces (*e*). Quelques uns, mais rarement, offrent des lamelles ou de petits prismes adhérents à une ou plusieurs de leurs faces (*f*). D'autres cristaux, et ce sont les plus nombreux, ont, avec des dimensions très variables, une teinte d'un blanc jaunâtre particulier, dont nous avons cherché à donner une idée, comme de la teinte des cristaux de la figure précédente (pl. XXII, fig. 3). Cette coloration coïncide avec des arêtes moins régulières, moins fines, moins nettes, des angles dièdres très épais, tendant à s'arrondir (pl. XXII, fig. 3, et pl. XXIII, fig. 1, *a*, *b*, etc.). Ces prismes, généralement volumineux, en portent de plus petits qui sont soudés et confondus avec leurs faces latérales (*c*, *c*, *d*). Quelques prismes d'égale épaisseur, mais de longueur variable, forment des groupes très simples, qui présentent un ou deux angles rentrants ou *macles* (*e*), par suite de leur accolement.

Des groupements plus compliqués se rencontrent fréquemment. Ce sont quelquefois des prismes très allongés (pl. XXIII, fig. 1, *i*, *b*, *o*) qui sont entrecroisés obliquement. D'autres, au contraire, sont très petits, mais forment des groupements plus compliqués, stelliformes (*f*) ou en éventail (*e*). Quelquefois on rencontre des amas volumineux en étoile qui tendent à former des groupements sphériques (pl. XXI, fig. 1. *n*). La plupart ont des dispositions très variables (*g*, *l*, *h*, *k*) ; ils sont toujours formés par les plus petits cristaux.

Enfin, les formes les plus nombreuses sont certainement les petites lamelles, prismes et aiguilles isolées (fig. 1, *k*, *h*) ou réunies deux à deux, dont les dimensions sont considérablement moindres que celles des cristaux dont nous venons de parler. Il est rare de trouver ces prismes avec des arêtes émoussées (pl. XXIII, fig. 2, *h*).

Lorsque le bouillon de viande est évaporé lentement et en grande masse (30 à 50 litres). On obtient, outre les petits cristaux dont nous venons de parler, d'autres, assez gros pour être vus facilement à l'œil nu. Quelques uns ont jusqu'à 2 à 3 millimètres de long. Généralement toutefois ils ont un volume moyen, et exigent l'emploi du microscope pour être bien étudiés. Ces cristaux ont plutôt la teinte claire de ceux que nous avons décrits en premier lieu, que la couleur d'un blanc jaunâtre dont nous avons parlé ensuite.

Quelques uns ont encore la forme prismatique rectangulaire (pl. XXIII, fig. 2, *a*) avec des faces lisses ou striées (*b*) ; il n'est pas rare d'en rencontrer qui offrent un décroissement plus ou moins considérable des angles (*c*). Mais la plupart sont des prismes droits à base rhomboïdale ; soit réguliers (*a*, *a*), ce qui est rare, soit avec des faces de décroissement sur deux des arêtes verticales, ce qui en fait des prismes à six pans. Tous

offrent en même temps un décroissement sur les quatre arêtes de la base, d'où résulte que ces prismes à six pans sont terminés par deux pyramides à six faces (*d*); sur la plupart cette pyramide est tronquée (*e*, *e*) et les prismes sont de petit volume. Quelques uns cependant, mais ils sont peu nombreux, ne présentent pas cette particularité (*d*). Quelques prismes sont aplatis, en sorte que la pyramide terminale finit par un biseau plus ou moins étendu (pl. XXIII, fig. 2, *f*, et pl. XXIV, fig. 1, *f*, *g*). Il n'est pas rare de trouver ces prismes aplatis réunis deux à deux par une de leurs faces latérales (*g*).

La connaissance des formes cristallines de la créatine est encore beaucoup plus utile à posséder dans l'étude de l'urine que dans les autres liquides. On peut, par simple évaporation de ce liquide au bain-marie, reconnaître la présence du principe dont il s'agit en s'aidant du microscope. Il commence à cristalliser à peu près en même temps que le sel marin, après l'urate de soude. D'abord la créatine se dépose en lamelles de toutes dimensions, mais généralement très grandes. Peu à peu ces lamelles s'épaississent et deviennent des prismes quand l'évaporation est poussée jusqu'à donner au liquide à peu près la consistance sirupeuse.

Ces lamelles sont remarquables par leur transparence, leur aspect brillant, d'un blanc nacré ou micacé, qui ressort au milieu des autres sels et du liquide qui est brun jaunâtre. Cet aspect nacré ou micacé, que nous retrouverons dans les prismes que nous allons décrire, peut déjà servir à faire distinguer les cristaux divers de créatine de ceux de sel marin ou quelquefois de phosphate acide de chaux qui existent en même temps qu'eux dans le résidu d'évaporation.

Il importe de faire ressortir ici un fait sur lequel nous avons déjà insisté dans nos généralités sur l'extraction des principes immédiats. Les cristaux sont vus au microscope par transparence, c'est de la lumière réfractée qu'ils transmettent à l'œil. Or il n'y a rien d'étonnant de voir que suivant leur pouvoir réfringent, ils présentent un aspect particulier qui sert à les distinguer. Cet aspect peut déjà pour un très grand nombre de substances faire reconnaître si elles sont d'origine organique ou d'origine minérale; fréquemment un acide d'origine organique présente cet aspect, mais les sels qu'il forme avec divers oxydes ne le présentent pas : ainsi l'urate de magnésie réfracte la lumière à peu près comme tous les sels d'origine minérale. Cet aspect général est dû dans les cristaux de ces derniers sels à la transparence de la masse du cristal et à l'absence de reflet le long des arêtes; sauf pour le phosphate de magnésie, qui offre un faible reflet jaunâtre. Les cristaux d'origine organique, comme la créatine par exemple, ont un reflet généralement très prononcé le long des arêtes, et de plus on reconnaît qu'ils réfractent fortement la lumière, d'où résulte pour elle un aspect nacré et pour d'autres un reflet particulier. De cet ensemble de caractères résulte un aspect général dont on ne se rend pas

bien compte immédiatement, mais qui bientôt, lorsqu'on a observé un certain nombre de cristaux, fait distinguer presque au premier coup d'œil l'origine organique ou minérale du cristal. Lorsqu'on joint à cela les caractères tirés de la forme et du volume des cristaux formés dans les mêmes conditions, ce diagnostic différentiel acquiert bientôt une grande précision.

Dans le cas dont il s'agit, les propriétés optiques du sel marin et de la créatine peuvent être utilisées avec profit pour confirmer les résultats d'une première observation, lever de derniers doutes, ou bien faire reconnaître aussitôt approximativement la quantité relative des deux substances cristallisées. Il suffit, en effet, d'examiner, à l'aide de l'appareil polarisateur, ces deux principes. Comme la créatine colore vivement la lumière polarisée, tandis que le sel marin *s'éteint*, et reste sans action, la distinction des deux substances devient extrêmement nette. Cette propriété des deux corps peut encore être utilisée dans l'analyse de l'urine, lorsque les prismes rectangulaires droits de créatine sont très courts et forment à peu près un cube (pl. XXIII, fig. 2, *a*), ou des prismes droits à base carrée (pl. XXII, fig. 2, *d*); ou encore, dans le cas inverse, quand les cristaux de sel marin sont allongés et représentent des prismes droits à base carrée (pl. I, fig. 1).

Les lamelles de créatine sont les unes carrées (pl. XXIV, fig. 2, *a*, *a*), les autres rhomboïdales (*b*, *b*) et de dimensions extrêmement variables. Les unes et les autres peuvent avoir les *angles semblables* tronqués, d'où résultent des lames hexagones (*e*, *e*, *e*), qui dérivent des rhombes, ou octogones, qui en dérivent aussi le plus habituellement (*g*, *g*, *c*, *c*, *c*, *c*), ou qui dérivent des lames carrées (*d*).

On peut traiter, à l'aide de l'ammoniaque, l'extrait concentré d'urine, filtrer et faire évaporer; la créatine est dissoute par l'ammoniaque et cristallise presque seule par évaporation de ce liquide. On obtient alors les mêmes lamelles, mais généralement plus grandes quand l'évaporation a été lente (*x*,*x*,*g*,*g*). Ce sont, dans ce cas, les lames rectangulaires, extrêmement allongées, qui sont habituellement les plus nombreuses.

Comme nous l'avons dit, lorsque l'évaporation de l'urine ou bien de l'extrait ammoniacal, dont nous venons de parler, a été plus prolongée, les lamelles deviennent des prismes. Les uns sont rectangulaires types (*h*, *h*, *h*); ceux de la solution ammoniacale (*x*, *x*) sont généralement plus aplatis et plus allongés que ceux de l'urine simplement évaporée; quelques uns, mais ils sont rares, sont des prismes droits rhomboïdaux, soit réguliers, soit devenus hexagonaux par troncature de deux arêtes verticales semblables (*i*). Les prismes rectangulaires deviennent octogones par troncature des quatre arêtes verticales (*h*).

Les mêmes particularités se présentent aussi dans l'extrait ammoniacal. On trouve de temps à autre quelques prismes croisés à angle droit

(pl. XXV, fig. 1, *p*) et quelques autres groupements analogues à ceux figurés d'après l'extrait de bouillon de viande (pl. XXIII). Ces lamelles et prismes ont pour la plupart des arêtes extrêmement nettes et régulières, des faces lisses et l'aspect nacré dans l'extrait d'urine encore chaud ou refroidi depuis peu de temps. Mais ce liquide attire l'eau de l'atmosphère, et au bout de dix à douze heures, ou environ, les angles dièdres s'arrondissent, ou seulement les arêtes paraissent moins fines, les faces moins régulières, ce qui est dû à un commencement de dissolution. Il est facile de comprendre que cette altération peut aller plus ou moins loin, suivant le temps pendant lequel on laisse l'extrait exposé à l'air.

Dans l'extrait de l'eau de l'amnios, la créatine cristallise comme dans l'urine. La plupart des solides sont des lames épaisses, ayant rarement des bords aussi nets (pl. XXVI, fig. 2) que les précédents. Beaucoup de ces solides offrent des angles rentrants, par suite de l'union de cristaux de volume différents (*a*). Il y a aussi un grand nombre de lamelles qui sont isolées (*d*, *d*), ou réunies en groupes de dispositions variables (*b*, *b*, *b*, *b*) ; on trouve enfin quelques prismes auxquels adhèrent une ou plusieurs lamelles (*c*, *e*).

Si, au lieu de faire évaporer lentement l'urine, on détermine une cristallisation rapide de la créatine, soit dans la solution aqueuse et saline, soit dans l'extrait ammoniacal, elle cristallise en groupes dendritiques (pl. XXIV, fig. 2). Il en est de même si la quantité de créatine est extrêmement petite, lors même que la cristallisation n'a pas été très rapide (fig. 3) ; mais, dans ce dernier cas, les dendrites ou amas de lamelles qui se forment n'ont plus rien de caractéristique et pourraient être confondus avec d'autres espèces.

Quand la créatine est en assez grande quantité, comme dans l'urine, ces groupes dendritiques sont généralement formés par des amas de lamelles irréguliers ou allongés, entrecroisés deux à deux ou au nombre de trois, et quelquefois isolés (pl. XXV, fig. 2). Sur le milieu de chaque amas, dans le sens de sa longueur, se voient habituellement quelques granulations amorphes. Les lamelles sont quadrilatères, à bords nets, mais quelquefois à angles un peu arrondis (*c*, *c*). Avec les groupements il existe toujours des lamelles très petites, isolées, plus régulières que celles qui sont accumulées (*a*) ; quelques unes sont accolées deux à deux par leur plus grand côté (*b*, *b*, *b*).

Les groupes que nous avons obtenus du sang étaient généralement plus petits que ceux obtenus avec la créatine de l'urine. Ils étaient aussi plus irréguliers et formés de petites lamelles superposées, généralement allongées, et terminées les unes par un bord oblique, les autres coupées carrément (pl. XXV, fig. 3). Ces groupes, moins caractéristiques, plus confus que les précédents, ont toujours exigé de notre part que nous fissions usage, sous le microscope, des réactifs dissolvants ou non, comparés entre

eux, tels que l'ammoniaque, l'alcool, etc., pour nous assurer d'une manière plus certaine de la nature des groupes cristallins.

1096. — *Historique*. La créatine a été découverte dans le bouillon de viande, et décrite avec la plus grande exactitude par M. Chevreul, en 1835 (1). Berzelius (2) et Schlossenberger (3) la considérèrent comme un principe accidentel dans ce tissu, opinion qui ne peut plus être soutenue de nos jours, et qui ne pouvait être émise que par ceux qui n'avaient pas étudié directement cet important principe immédiat avec le même soin que l'avait fait le savant auquel on en doit la découverte.

Après ces auteurs, il faut arriver jusqu'à 1844, époque à laquelle Heintz crut avoir trouvé un nouvel acide dans l'urine (4), mais il reconnut depuis que ce n'était que de la créatine (5). Il est à remarquer que la combinaison dont il parle comme formée par la créatine et le chlorure de zinc se rapporte bien plus à la créatinine qu'à la créatine. Comme il ne parle pas de la créatinine, laquelle se combine aussi avec le chlorure de zinc, il est difficile de savoir si, en réalité, c'est la créatine ou la créatinine qu'il a étudiée. Le seul résultat nouveau de ce travail au point de vue qui nous occupe, c'est d'avoir indiqué la créatine dans l'urine *des animaux*.

Enfin, en 1847, Liebig (6) fit une étude approfondie de la créatine, qu'il poursuivit dans toutes les classes des vertébrés. Il confirma toutes les études physico-chimiques de M. Chevreul, et démontra la constance de l'existence de ce corps dans les muscles. Il démontra que la substance trouvée par Pettenkoffer (5) et par Heintz dans l'urine est de la créatine et de la créatinine. Il a trouvé l'une et l'autre substance dans l'urine et les muscles. Depuis lors, aucun travail spécial autre que celui de Scherer (8) n'est venu ajouter quelque fait que ce soit à l'étude anatomique de ce corps. Scherer pense l'avoir trouvé dans l'eau de l'amnios. M. Bérard a considéré la créatine comme un acide animal (9), mais à tort, ainsi que

(1) CHEVREUL, *Bouillon de viande; rech. sur sa composit chimiq.* (*Journ. de pharm.*, 1835, t. XXI. p. 231).

(2) BERZELIUS, *Traité de chimie*, in-8°. Paris, 1837, t. VII, p. 489.

(3) SCHLOSSENBERGER, *Annalen der Chemie und Pharm.*, 1843, t. XLIX, p. 845.

(4) HEINTZ, *Sur un nouvel acide contenu dans l'urine de l'homme et des carnivores* (*Ann. der Phys. und Chem.*, 1844, t. LXII, p. 602).

(5) HEINTZ, *Nouv. recherch. sur la créatine* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 500).

(6) LIEBIG, *loc. cit.* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847). — *Recherches de chimie animale* (*Comptes rend. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 69, et dans *Ann. de phys. et de chim.*, 1847, t. XXIII, p. 239).

(7) PETTENKOFER, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. LII, p. 97.

(8) SCHERER, *loc. cit.* (*Annuaire de chimie* de Millon et Reiset, année 1850; Paris, in-8°, p. 576).

(9) BÉRARD, *Cours de physiologie*, in-8°. Paris, 1848, t. I, p. 167.

nous avons vu. Il ajoute plus loin qu'on n'a pas encore pu faire d'expériences sur la digestion de cette matière importante du bouillon, et qu'on ne saurait dire si la pepsine la coagule avant de la dissoudre (1). Rien ne fait mieux sentir la nécessité de l'étude rationnelle des principes immédiats, que cette idée de coagulation et de digestion émise sur la créatine, principe cristallisable et excrémentitiel comme tous ceux qui précèdent dans cette deuxième classe; idée qui établit ainsi un rapprochement entre la créatine et les espèces de la troisième classe, essentiellement caractérisées par la propriété de se coaguler et de ne pas cristalliser. Liebig est porté à croire que la créatine joue un très grand rôle physiologique. La trouvant dans les muscles de tous les vertébrés, il est porté à la considérer comme un des principes nutritifs les plus importants du bouillon de viande. Mais de ce que cette substance existe dans l'urine, Heintz conclut avec raison que cette opinion n'est guère vraisemblable, et qu'elle doit prendre place au rang des substances *excrémentitielles*, comme l'urée. Il faut ajouter de plus que les substances qui cristallisent par évaporation directe des humeurs qui les renferment sont généralement rejetées de l'économie telles qu'elles sont introduites, et ne servent pas de principe alibile. Telle est l'urée, telle est aussi la créatine, principe qui cristallise par simple évaporation de l'urine et du bouillon de viande. Enfin la facilité avec laquelle ce principe passe à l'état de créatinine, principe plus nettement excrémentitiel encore, et souvent plus abondant qu'elle-même dans l'urine, vient confirmer encore ce fait reconnu d'abord par Heintz (2) et adopté par Lehmann (3).

CHAPITRE LVI.

CRÉATININE.

1097. — La créatinine est un principe immédiat qui existe dans les muscles avec la créatine. MM. Verdeil et W. Marcet en ont trouvé dans le sang. Il en existe dans l'urine, et Scherer croit en avoir trouvé dans l'eau de l'amnios.

Nous en avons trouvé dans l'urine de cheval, et surtout dans l'urine de porc et de mouton, fait que M. W. Marcet vient encore de vérifier dans notre laboratoire.

(1) Bérard, *Cours de physiologie*, in-8°. Paris, 1849, t. II, p. 163.

(2) Heintz, *Nouv. rech. sur la créatine* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 500).

(3) Lehmann, *Lehrbuch der phys. Chem.*, in-8°, 1850, t. I, p. 144.

1098. — Si la créatinine existe réellement dans l'eau de l'amnios, on peut admettre qu'elle existe dans l'économie, comme la créatine, pendant toute la durée de la vie, à quelques mois près. On n'a pas encore dosé la quantité de ce principe pour quelque tissu ou humeur que ce soit; mais on sait que tandis qu'elle existe dans les muscles en moindre quantité que la créatine, elle est au contraire plus abondante dans l'urine que celle-ci.

1099. — La créatinine est toujours à l'état liquide dans l'économie; il est probable qu'elle s'y trouve à l'état de dissolution directe dans l'eau, car elle est extrêmement soluble dans ce liquide. D'autre part, la créatinine est un alcali bleuissant le tournesol rougi, se combinant avec les acides et formant avec eux des sels cristallisables. On ne sait si l'acide lactique est combiné avec la créatinine, car, hors de l'organisme, il ne forme pas de sels que l'on puisse isoler.

Dans l'urine de porc, amenée par évaporation lente à la consistance d'extrait, nous avons trouvé de la créatine et de la créatinine; celle-ci était très abondante et cristallisa au bout de quelques jours de repos. Le liquide était acide, mais cette réaction était due sans aucun doute, comme dans l'urine de l'homme, soit au phosphate acide de soude, soit au phosphate acide de chaux, duquel on trouvait quelques cristaux isolés et groupés. Ici la créatinine peut donc être considérée comme principe immédiat de l'urine s'y trouvant à l'état de dissolution directe, puisqu'elle cristallise par simple évaporation.

1100. — Il est probable, d'après sa présence dans l'urine, qu'elle existe dans les muscles, ainsi que la créatine, comme principe immédiat résultant de la désassimilation de leurs substances organiques. Elle est reprise ensuite par le sang pour être rejetée par les urines, comme la créatine et l'urée. Mais, comme pour celles-ci, on ignore complétement quelles sont en particulier les substances qui cèdent leurs matériaux pour la former.

Les mêmes raisons qui nous ont porté à regarder avec Heintz la créatine comme un principe excrémentitiel, nous portent

à considérer la créatinine comme telle. Une fois le fait démontré pour la créatine, il sera difficile de ne pas l'admettre pour la créatinine, puisqu'on sait que la première se transforme en celle-ci sous de très légères influences chimiques ou physiques.

1101. — *Extraction et caractères chimiques.* Ce corps cristallise; ses cristaux sont incolores, brillants; ils ne contiennent pas d'eau de cristallisation. La créatine a une saveur caustique; elle est inodore, inaltérable à l'air; elle se dissout dans 11,5 parties d'eau d'une température moyenne, plus facilement encore dans l'eau bouillante; 100 parties d'alcool ordinaire, froid, dissolvent environ 1 partie de créatinine; dans l'alcool bouillant, elle se dissout en quantité telle que par le refroidissement elle se dépose en masses cristallines; elle est aussi un peu soluble dans l'éther. La créatine bleuit le papier rougi de tournesol, et un cristal de cette substance déposé sur du papier humide de curcuma y forme une tache brune : c'est une base énergique, qui chasse même l'ammoniaque de ses sels. Avec le chlorure de zinc, elle forme un composé grenu cristallin. La composition élémentaire de la créatinine est représentée par la formule suivante : $C^8H^7Az^3O^2$. Poids atomique, 1412,5.

Une chose remarquable, c'est que lorsqu'on laisse de l'urine exposée à l'air pendant deux ou trois semaines, on ne retrouve dans cette urine en putréfaction plus trace de créatine, mais à la place une grande quantité de créatinine; la créatine peut donc ainsi se transformer en créatinine : pour cela, elle n'a qu'à abandonner 2 atomes d'eau, et la composition de ces deux corps devient identique.

Extraction. La créatinine peut s'obtenir soit artificiellement, soit directement du corps des animaux. Au moyen de créatine, on l'obtient d'une manière très simple : on traite cette substance par de l'acide chlorhydrique concentré, on évapore à siccité jusqu'à ce que l'excès d'acide se soit volatilisé; il s'est formé de cette manière du chlorhydrate de créatinine qu'on décompose par de l'oxyde de plomb hydraté. La créatinine reste alors seule dans la solution. Si on laisse l'urine se décomposer, la quantité de créatinine qu'on obtiendra sera plus considérable.

Déjà avant d'avoir complétement isolé la créatinine des autres principes qui l'accompagnent, on peut s'assurer de son existence et même approximativement de sa quantité, en la combinant ainsi avec le chlorure de zinc.

Le sel double qui se forme alors cristallise d'une manière tout à fait caractéristique. En portant sous le microscope le précipité qui se forme par l'addition du sel de zinc au liquide suffisamment évaporé, on reconnaîtra donc s'il existe de ces cristaux et s'il en existe peu ou beaucoup.

Ces cristaux sont de petites aiguilles, de longueur variable, mais généralement courtes (pl. XXVI, fig. 1, *a*). Il y en a peu qui soient isolées, la

plupart sont réunis en groupes, et ce sont surtout ces groupes dont la disposition est caractéristique. Les uns sont volumineux et sphériques, ce sont les moins nombreux. Les autres sont beaucoup plus petits, de forme variable, ce sont les plus abondants ; quelquefois ils existent presque seuls. Nous allons les décrire les premiers.

Les derniers groupes sont pour la plupart de petits faisceaux d'aiguilles isolés (*a*, *a*, *a*, *b*, *b*, *b*) ou entrecroisés deux à deux à angle droit (*c*, *c*, *d*). Quelques uns de ces faisceaux sont aussi volumineux au centre qu'aux extrémités (*a*, *a*, *d*); mais la plupart sont resserrés vers le milieu et ont leurs extrémités renflées, presque sphériques, et plus ou moins volumineuses. Les extrémités des aiguilles dépassent un peu la masse et la hérissent (*b*, *c*, *c*). Quelques amas ont la forme de balai ou d'éventail (*e*); les aiguilles sont coupées carrément vers le point le plus étroit et terminées en pointe du côté élargi. Il y a aussi des amas dans lesquels la disposition est tout à fait inverse (*f*, *f*, *f*); ils ont un bord courbe, net, formé par l'accolement de l'extrémité la plus large et coupée carrément de l'aiguille. Ce bord est le plus large ; l'autre, plus étroit, coupé obliquement de manière à se terminer en pointe, est formé par l'extrémité aiguë des aiguilles.

Enfin ces divers faisceaux d'aiguilles sont accompagnés de petits groupes sphériques (*g*, *g*), plus opaques qu'eux, formés par des aiguilles s'irradiant autour d'un centre noir et foncé. Quelques sphères sont partagées en deux ou trois lobes ou segments, qui, au point où ils se touchent, forment un rayon ou ligne noire et foncée. La circonférence de la masse opaque de la sphère est toujours dépassée par la pointe de quelques aiguilles qui les hérissent.

Les sphères volumineuses ne diffèrent des plus petites que nous venons de décrire que par un diamètre cinq à six fois plus grand et une plus grande opacité due à leur grande masse. Elles sont aussi formées d'aiguilles irradiées autour d'un centre qui est généralement plus clair que la partie environnante (*h*), au lieu d'être plus foncé comme dans les petites sphères (*g*). Ces aiguilles s'arrêtent généralement toutes au même niveau, de manière à former un bord net à la sphère. Cependant çà et là sur une étendue variable on voit ces aiguilles dépasser la circonférence de la sphère. Beaucoup de sphères sont réunies et soudées ensemble au nombre de deux, trois, quatre, etc. (*k*). Le point de contact est ordinairement une ligne droite ou à peine courbée : souvent il y a des sphères partagées en deux ou trois segments par deux ou plusieurs rayons noirâtres.

La coloration des petits groupes est d'un brun jaunâtre ; c'est aussi la couleur des grosses masses, mais elle est plus foncée. Cette couleur et la brièveté des aiguilles dépassant chaque sphère, puis surtout la disposition des petits groupes, empêcheront de confondre ce sel double avec le lactate de chaux ou le lactate de baryte. Ils colorent la lumière polarisée.

Le précipité de chlorure de zinc et de créatinine, une fois séparé par

filtration du liquide dans lequel il se trouve, est repris par l'eau bouillante. Celle-ci laisse les phosphates et autres sels de zinc formés par double décomposition du chlorure primitivement employé, et des phosphates et sulfates alcalins contenus dans le liquide qu'on analyse. On précipite ensuite le zinc à l'aide de l'hydrosulfate d'ammoniaque. La liqueur est filtrée et évaporée. Dans le résidu se trouve la créatinine cristallisée avec les formes que nous allons décrire. Pour l'avoir tout à fait pure et blanche, il faut reprendre le résidu par l'alcool bouillant, et en évaporant celui-ci la créatinine cristallise ; ses cristaux sont blancs, éclatants, généralement volumineux. Elle cristallise principalement sur les bords du vase dans lequel on fait évaporer la solution, ou sur les bords de la goutte de solution concentrée et chaude qu'on laisse refroidir et se dessécher peu à peu sur une plaque de verre.

La créatinine nous paraît cristalliser dans le troisième type, celui du *prisme rectangulaire droit*, et non dans le cinquième type, celui du prisme oblique rectangulaire ou rhomboïdal, (monoklino-métrique des auteurs allemands). C'est le même type que la créatine par conséquent ; mais au lieu de présenter, comme la créatine, des formes appartenant soit au système de prismes à base rhomboïdale, soit au système de prismes à base rectangulaire avec des groupements divers, la créatinine ne sort jamais du système de prismes à base rectangle. Les seuls décroissements qu'elle offre sont des biseaux sur les deux grandes arêtes de la base ; les groupements sont très peu nombreux et tout à fait différents de ceux de la créatine. La forme et le volume, ainsi que le groupement des cristaux de créatinine, diffèrent un peu selon la rapidité de l'évaporation du liquide, selon la nature de celui-ci, comme tous les composés chimiques quelconques. Mais elle présente aussi cette particularité, qui s'observe également dans la créatine, quoique à un moindre degré, que le volume des cristaux et leurs biseaux diffèrent un peu les uns des autres selon l'espèce animale dont il s'agit, toutes conditions autant que possible égales d'ailleurs.

Lorsqu'on a dissous dans l'eau la créatinine obtenue de la manière que nous avons indiquée et qu'on la fait évaporer, on obtient les formes dont suit la description (pl. XXVI, fig. 3). Il se dépose d'abord un très grand nombre de lamelles rectangulaires (*a*, *a*, *a*) de toutes dimensions. Ces lames sont d'abord d'égale épaisseur dans toute leur étendue, leurs bords sont entièrement nets et réguliers. Peu à peu elles s'épaississent et la plupart montrent bientôt une plus grande épaisseur vers le milieu que vers les extrémités (*b*, *b*, *b*, et pl. XXVII, fig. 2, *a*, *b*, *b*, *b*). Cette plus grande épaisseur se reconnaît surtout à ce que le bord, au lieu d'être mince et net dans toute sa longueur, est comme renflé et plus foncé vers le milieu. Beaucoup de lamelles, soit d'égale épaisseur partout, soit plus épaisses vers le milieu, sont imbriquées les unes sur les autres et peuvent alors

prendre toutes sortes de dispositions les plus diverses (pl. XXVII, fig. 2, *a*, *a*); elles s'assemblent quelquefois de manière à former des arborisations. Habituellement il y a davantage de lamelles ainsi groupées qu'isolées. Les lamelles cristallines isolées qui se forment dans la solution aqueuse ont fréquemment leurs quatre angles irrégulièrement tronqués (pl. XXVI, fig. 3, *b*, *b*, *b*, *g*), et ces troncatures existent encore lors même qu'elles ont déjà pris une certaine épaisseur (*h*). Il se forme en même temps des prismes rectangulaires droits (pl. XXVII, fig. 1, *i*, *i*, *i*, *i*), remarquables par la netteté de leurs angles et de leurs arêtes, et par leur transparence. Il y en a souvent d'un volume très considérable, assez pour qu'ils soient visibles à l'œil nu. Il est rare alors que l'un de leurs bords ne soit pas masqué par d'autres petits cristaux qui lui adhèrent. La grande transparence de ces prismes, l'absence de cette teinte nacrée brillante qu'on observe sur les cristaux de créatine, empêchent de confondre ces deux substances, lors même que leurs formes sont ainsi semblables.

Mais en même temps que ces formes régulières existent, on en trouve d'autres avec elles, qui sont tout à fait spéciales à la créatinine et qui, suivant les circonstances même, sont quelquefois les plus abondantes de toutes. Ce sont des prismes dont les deux plus larges faces sont convexes par suite de la fusion insensible avec elles du biseau formé sur les grandes arêtes de chacune des bases. Il en résulte que les faces latérales ou petites faces latérales du cristal sont fusiformes et les grandes faces sont courbes, d'où résulte un solide tout spécial auquel, pour abréger le discours, nous donnons le nom de *biconvexe* ou *naviculaire* (pl. XXVI, fig. 3, *c*, *c*). Il n'est pas très rare d'en trouver chez lesquels les biseaux sont encore nettement distincts des grandes faces, lesquelles pourtant sont déjà plus ou moins courbes (pl. XXVII, fig. 1, *k*). On peut trouver toutes les transitions entre ces formes (*k*) et les formes *naviculaires* à grandes faces, tout à fait confondues avec celles des biseaux (pl. XXVI, fig. 3, *c*, *c*, et pl. XXVII, fig. 2, *c*, *c*).

Dans les cas où toutes les lamelles sont carrées et les solides sont des prismes rectangulaires, ce qui est rare, il suffit de prendre une goutte du liquide, de le placer sur une lame de verre et de laisser évaporer l'eau. Il se forme alors des groupements irréguliers de cristaux qui s'étalent sur le verre, et au milieu des variétés cristallines qu'on rencontre il existe toujours une certaine quantité de formes *naviculaires* (*c*, *c*), ou de lamelles plus ou moins abondantes qui en représentent les petites faces et sont fusiformes (pl. XXVII, fig. 1, *m*). Elles représentent exactement la coupe d'une lentille biconvexe. Ce fait est tout à fait spécial à la créatinine. Quelques uns de ces cristaux naviculaires ont l'arête qui limite le biseau plus ou moins irrégulière, dentelée (pl. XXVII, *l*). On trouve certains prismes, souvent de dimensions assez considérables, sur lesquels le biseau n'a pas fait disparaître complétement la base (*n*, *n*), et pourtant chez

lesquels les grandes faces latérales sont néanmoins un peu courbes. Quelquefois l'un des biseaux est incomplet et laisse exister une portion d'une des bases, et l'autre base a complétement disparu ; le biseau se confond avec les grandes faces (pl. XXVI, fig. 3, *f*). Il n'est pas rare de trouver ces cristaux plus nombreux que les autres formes ; tantôt les faces sont planes, tantôt elles sont courbes. Quelques prismes ont les facettes du biseau de grandeur inégale (pl. XXVII, fig. 1, *o*, *o*). Ils sont généralement plus allongés que les autres ; ils ont leurs quatre grandes faces à peu près de même largeur ; il y en a toujours deux qui sont convexes et inégales, de sorte que leurs arêtes sont quelquefois un peu irrégulières. Il est fréquent de trouver ces prismes réunis à d'autres semblables à ceux que nous avons décrits et à des aiguilles et lamelles, pour former des groupes de cristaux (pl. XXVII, fig. 1, *p*, *p*).

Les groupes formés par les cristaux de créatinine sont quelquefois stelliformes (*p*), mais plus souvent ils sont très compliqués. Ils sont formés par des prismes biconvexes et autres, par des lamelles quadrilatères ou fusiformes et par des aiguilles. Celles-ci sont toujours en assez grand nombre parmi les cristaux de créatine et sont habituellement isolées ou réunies en croix, ou obliquement (pl. XXVII, fig. 1, *q*, *q*).

Une fois les cristaux de créatinine formés et libres à l'air, n'étant plus entourés du sirop par suite de l'évaporation duquel ils se sont déposés, ils absorbent l'humidité atmosphérique et se déforment. Leurs grandes faces, convexes, se creusent (pl. XXVI, fig. 1, *d*; pl. XXVII, fig. 2, *d*) et deviennent grenues, irrégulières ; ils peuvent ainsi se couper en deux presque complétement avant que les petites faces se détruisent.

Sur le bord des gouttes de solution de créatine qu'on fait cristalliser sur une lame de verre, on trouve quelquefois de très petits prismes ; il se fait un biseau égal et régulier sur deux des arêtes des deux bases, ou même sur les quatre arêtes de la base (pl. XXVI, fig. 3, *e*, *e*).

Tous ces cristaux ont, vus au microscope par transparence, une légère teinte d'un jaune d'ambre, surtout visible le long des arêtes. Les cristaux de créatine n'offrent pas cette coloration.

Lorsqu'on fait évaporer la solution alcoolique de créatinine, ou plutôt quand on examine les cristaux qui se forment pendant le refroidissement de l'alcool bouillant dont on se sert pour retirer la créatinine, on peut remarquer quelques différences qui les distinguent de ceux qui se sont formés dans l'eau. Dès leur apparition, ou du moins de très bonne heure, les lamelles ont déjà le milieu de leurs deux grandes arêtes plus foncé, plus épais que les petites, ce qui indique une épaisseur plus grande du milieu de chaque lamelle (pl. XXVII, fig. 2, *b*, *b*, *b*). Ces lamelles sont aussi plus fréquemment groupées qu'isolées (*a*, *a*), et sur les bords de la masse qui cristallise elles se groupent souvent de manière à former des arborisations très variées.

Dans la masse du précipité on ne trouve pas de prismes rectangulaires, mais seulement des prismes devenus biconvexes (*c*, *c*, *c*) par fusion du biseau avec les grandes faces. Il y en a beaucoup chez lesquels cette fusion n'a lieu que vers une seule des bases, et de l'autre côté le biseau est bien visible (*r*, *r*, *r*). Les uns et les autres de ces prismes peuvent être très grands ou très petits. Il est rare que l'arête qui termine le biseau soit très nettement coupée, surtout dans les prismes biconvexes. Ces diverses formes peuvent être réunies en groupes, soit seulement deux ensemble (*e*, *e*), soit en assez grand nombre, et alors elles s'irradient à partir d'un même point (*f*). La plus grande masse de la créatinine qui se dépose par refroidissement de l'alcool bouillant est formée par des groupes de prismes biconvexes de grandeur variable, accolés par leurs petites faces (*g*, *g*). Sur ces prismes accolés on trouve souvent des lamelles superposées dans la même direction que les prismes eux-mêmes. Dans le sens de la longueur des amas s'accumulent des granulations amorphes, moins transparentes que les cristaux et dont le centre est jaunâtre. Beaucoup de ces groupements cristallins sont ramifiés (*i*) ; ceux-ci sont en général formés par des prismes plus petits que les autres.

On y trouve assez souvent des prismes biconvexes entrecroisés en étoile de diverses manières, et formant souvent des rosaces très compliquées (fig. 2, *b*, *b*, *b*, *b*). Enfin, avec toutes ces formes cristallines, on trouve toujours beaucoup de petits prismes quadrilatères (fig. 1, *h*, *h*) ou des aiguilles en général très courtes (pl. XXVIII, fig. 1, *k*, *k*), isolées ou groupées soit en éventail, soit en rosace (*l*, *l*), et de petites lamelles de formes diverses, mais généralement losangiques à côtés inégaux (*m*, *m*). Tous ces cristaux sont blancs et brillants quand on les voit par réflexion ; mais par transparence sous le microscope ils sont de teinte ombrée. Cette teinte est plus tranchée sur les cristaux qui se sont déposés de l'alcool que sur ceux formés dans l'eau. Elle est plus marquée le long des arêtes du cristal que dans le milieu des faces ; aussi les petits prismes (*h*, *h*) et les aiguilles (*k*, *k*), ainsi que tous les petits cristaux (*r*, *r*), ont-ils généralement une teinte plus foncée que les autres cristaux. Cette coloration est également très marquée vers le milieu des groupements (*g*, *g*, *i*), surtout au niveau des granulations moléculaires qui s'y trouvent. Ces groupements sont assez nombreux et très caractéristiques. Peu à peu leur formation, dès qu'ils ne sont plus entourés d'alcool saturé de créatinine, ces cristaux absorbent l'eau atmosphérique et s'altèrent comme ceux qui se sont formés dans l'eau, c'est-à-dire, d'abord vers le milieu des faces convexes (fig. 1 et 2, *x*, *x*). Les lamelles et les groupes s'altèrent d'une manière analogue ; ils deviennent granuleux sur leurs faces et leurs arêtes s'émoussent. La créatinine seule présente cette facile altérabilité.

Dans l'urine de porc, la créatinine cristallisée directement par évaporation après l'urée et divers sels, on retrouve les mêmes formes principales

que nous venons de décrire. Cependant, il est à remarquer que dans la plupart des cristaux, quoique les grandes faces soient convexes, les facettes des biseaux qui remplacent les deux bases ne sont jamais confondues avec les faces convexes. Elles en sont toujours distinctes (pl. XXVIII, fig. 3, *a*, *a*, *a*, *a*).

Il est à remarquer que la plupart de ces cristaux sont plus épais vers l'une de leurs bases que vers l'autre, ce qui leur donne la forme d'un coin. Cette particularité s'observe même sur quelques cristaux dont les grandes faces sont planes et non convexes (pl. XXIX, fig. 1, *c*). Il y a quelques prismes sur lesquels le biseau fait disparaître l'une des bases sans qu'il s'en forme sur l'autre (*d*). Il y a peu de prismes régulièrement biconvexes, mais tous sont très grands (*b*, *b*, *b*, et pl. XXVIII, fig. 3, *b*); les autres formes sont de dimensions très variables, souvent très petites (pl. XXIX, fig. 1, *g*, *g*). Ces petits cristaux sont quelquefois disposés en demi-cercle, soudés par leurs faces latérales (*e*). D'autres fois ils sont comme implantés sur un plus grand cristal analogue (*f*, *h*); on y trouve aussi des groupes en rosace, comme ceux décrits plus haut (pl. XXVIII, fig. 2, *b*). L'extrait d'urine de porc, étant déliquescent comme tous les résidus des liquides animaux, on voit très rapidement ces cristaux s'altérer, de la même manière que les précédents (pl. XXVIII, *x*, *x*, et pl. XXIX, fig. 1, *x*, *x*). Cette particularité de la créatinine en rend l'étude et les dessins au microscope difficiles à faire. Ces cristaux ont tous la teinte ombrée dont nous avons parlé jusqu'à présent, mais elle est moins nette que dans les solides qui existent dans un liquide transparent, parce que la teinte brunâtre de l'extrait la masque en partie. La même remarque s'applique aux extraits de bouillon de viande dont nous allons parler.

Dans l'extrait de viande de cheval, traité par la chaux ou la baryte, après que la créatine s'est déposée, si l'on pousse plus loin l'évaporation, la créatinine se dépose. Là elle cristallise en prismes biconvexes de dimensions très considérables (comme ceux de la pl. XXIX, fig. 1, *b*, *b*), tant sous le point de vue de la longueur que sous celui de la largeur. Ils sont généralement minces proportionnellement à leurs autres dimensions.

Il s'y forme en même temps beaucoup de rosaces, mais elles sont constituées par les plus petits prismes biconvexes (pl. XXVIII, fig. 2, *b*, *b*, *b*).

Nous avons pu constater, d'après les recherches faites dans notre laboratoire par M. le docteur Pearce, que dans le bouillon de viande de bœuf neutralisé par la chaux, on ne trouve aussi que des prismes biconvexes, tous remarquables par leur peu de longueur, avec une épaisseur qui au contraire est très considérable (pl. XXIX, fig. 2, *a*, *a*, *a*). Ces cristaux sont plus transparents et ont la teinte jaunâtre bien moins prononcée que ceux qui se forment dans les liquides dont nous avons parlé jusqu'à présent. Aussi on observe d'une manière plus tranchée que partout ailleurs l'aspect particulier qui résulte pour ces prismes de leur situation oblique, et qui pourrait faire croire d'abord à des formes différentes,

ce qui n'est pas (*b*, *b*). Ces prismes sont souvent entrecroisés deux à deux de diverses manières ou groupés en rosaces (fig. 11, *b*, *b*, *b*). Enfin, comme tous les autres, ils s'altèrent dès que l'extrait commence à absorber une quantité d'eau même peu considérable (*x*, *x*). Toutes ces particularités de forme, de coloration, d'altération facile par absorption de vapeur d'eau, font distinguer facilement la créatine, à l'aide du microscope, dans tous les liquides où l'on peut la faire cristalliser, lors même qu'elle ne s'y trouve qu'en petite quantité.

1102. — *Historique.* La description du composé de chlorure de zinc et du nouveau corps azoté indiqué dans l'urine par Pettenkoffer se rapporte tellement à la combinaison de créatinine et de ce même sel de zinc, que tout porte à croire que c'est en effet la présence de cette substance que Pettenkoffer a ainsi mise en évidence. La description des cristaux se rapporte aussi assez exactement à la créatinine. Il la trouve formée de $C^8Az^3H^8O^3$ (1), formule qui se rapproche plus de la créatinine $C^8Az^3H^7O^2$ que de la créatine $C^8Az^3H^{11}O^6$. C'est donc à lui qu'il faudrait rapporter la découverte de la créatinine, s'il eût reconnu la véritable nature et le siége dans les diverses parties du corps. Mais il prit ce corps pour une substance indifférente, n'en détermina pas les caractères et ne fit qu'en signaler la présence dans l'urine. C'est à Liebig qu'on doit d'avoir fait connaître ce principe à la fois sous le rapport des points de vue anatomiques et sous le rapport chimique. Il put alors le dénommer et fixer sa place parmi les composés chimiques alcalins à composition bien déterminée (2). Scherer pense avoir trouvé de la créatinine dans l'eau de l'amnios, car avec le chlorure de zinc il a obtenu un dépôt cristallin semblable, à l'œil nu et au microscope, à ceux de la combinaison que forment ces deux corps. Mais il n'a pu en avoir assez pour l'analyser (3). Depuis lors, nul travail spécial n'a été publié sur ce sujet.

CHAPITRE LVII.

1103. — D'après ce que nous avons dit page 157, nous diviserons ce chapitre en deux articles, l'un traitant de l'URÉE pure, l'autre de l'urée combinée au sel marin.

(1) PETTENKOFFER, *Vorkantige Notiz ueber einen neuen stikstoffhaltigen Kœrper im Harn* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. LII, p. 97).

(2) LIEBIG, *loc. cit.* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1847; *Comptes rend. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1847, t. XXIV, p. 69, et *Ann. der Chem. und Pharm*, 1847, Bd. LXII, s. 257-290).

(3) SCHERER, *Chemische Untersuchung der Amnios-fluessigkeit des Menschen in verschiedenen Perioden ihres Bestehens* (*Zeitschr. für wissenschaftliche Zoologie*, 1848, t. I, p. 88-91).

ARTICLE PREMIER.

URÉE.

Synonymie : *Matière savonneuse de l'urine* (Rouelle le cadet, 1771), *matière extractive huileuse* Schèele, 1775), *matière extractive animale de l'urine* (Cruickshank, 1798), *substance urinaire* ou *urée* (Fourcroy et Vauquelin, au VII).

1104. — L'urée est un principe immédiat qui existe dans le sang de l'homme, des carnivores, et quelquefois des herbivores. On le trouve aussi, et surtout, dans l'urine des mêmes animaux ; c'est là qu'elle a d'abord été trouvée.

Cette substance a été trouvée dans l'humeur vitrée et l'humeur aqueuse de l'œil du bœuf par M. Millon (1) ; ce fait a été ensuite vérifié par Marchand et Wœhler (2). Ce dernier avait, comme on sait, déjà trouvé ce principe dans l'eau de l'amnios obtenue par rupture de la poche des eaux, pendant l'accouchement (3), fait que Scherer n'a pas pu constater (4), mais qui a été vérifié par notre collègue J. Regnault (5). Elle se trouve même dans le liquide des ventricules cérébraux, où elle a été trouvée dans un cas d'albuminurie par Schlossberger (6). Elle existerait aussi dans la salive, d'après Pettenkoffer (7). Dans ces derniers temps encore Reich (8) et Fonberg (9) ont constaté par des analyses que la quantité aug-

(1) Millon, *Sur la présence de l'urée dans l'humeur vitrée de l'œil* (*Ann. de chimie* de Millon et Reiset, année 1848, Paris, p. 431).

(2) Marchand et Woehler, *Sur la présence de l'urée dans l'humeur vitrée de l'œil* (*Annuaire de chimie* par Millon et Reiset, année 1849, p. 540).

(3) Woehler, *Présence de l'urée dans les eaux de l'amnios* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1846, t. LVIII, p. 98).

(4) Scherer, *Analyse d'un liquide amniotique* (*Arch. der Pharm.*, 1849, t. CVIII, p. 198)

(5) J. Regnault, *Sur le liquide amniotique de la femme* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. XXXI, 1850, p. 218).

(6) Schlossberger, *Sur la diffusion de l'urée* (*Chemical gazette*, 1845, p. 302).

(7) Pettenkoffer, *Des sulfocyanures contenus dans la salive* (*Repertor. für die Pharm.*, 1847, t. LI, p. 289).

(8) Reich, *Analyse d'une urine diabétique* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. CI, p. 20).

(9) Fonberg, *Sur l'urine et le sang des diabétiques* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, t. LXVIII, p. 360).

mente dans le diabète au fur et à mesure que la quantité de sucre diminue. M. Stass a trouvé de l'urée dans le sang placentaire (1). Nysten dit en avoir vu dans les vomissements des individus atteints de rétention d'urine et dans la sérosité du péritoine de quelques hydropiques (2). Simon en a trouvé dans la sérosité du péritoine d'un individu atteint de maladie de Bright (3).

1105. — L'urine des enfants en très bas âge ne contient pas sensiblement d'urée. Mais à partir du moment de son apparition dans l'urine, cette substance y persiste jusqu'à la fin de la vie.

1106. — La quantité d'urée n'a été dosée encore que dans les urines. En moyenne, cette quantité varie entre 25 et 32 pour 1000, quand on opère sur l'urine rendue en vingt-quatre heures.

Urine normale (Berzelius)		38,10	p. 1000.
— (Simon)	Individu sanguin; mauvaises digestions.	12,46	—
— (*Id.*)		14,58	—
Urine du matin, acide (Simon)	Individu dont les digestions étaient mauvaises.	8,40	—
— moins acide (*Id.*)		7,57	—
— très acide (*Id.*)		15,26	—
Urine normale (Lehmann)		31,45	—
— (*Id.*)		32,91	—
— (*Id.*)		32,90	—

	Moyenne.	Maximum.	Minimum.
Hommes (Lecanu)	28,0	33,0	23,1
Femmes (*Id.*)	19,1	28,3	9,9
Vieillards (*Id.*)	8,1	12,2	3,9
Enfants de 8 ans (*Id.*)	13,4	16,4	10,4
Enfants de 4 ans (*Id.*)	4,5	5,3	3,7
Liquide d'hydropisie (4)		0,42 p. 100.	
— — (5)		0,50	
— — (5)		0,68	

(1) Stass, *Note sur les liq. de l'amnios et de l'allantoïde* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1850, t. XXXI, p. 629).

(2) Nysten, *De la présence des principaux matériaux de l'urine dans la mat. de certains vomissements et dans l'eau des hydropiques* (*Journ. de chim. méd.*, 1837, t. III, p. 257).

(3) Simon, *Analysen thierischer Flussigheiten* (*Handbuch der med. Chem.*, 1840, vol. I, p. 521).

(4) Marchand, *Annalen der Physik und der Chemie*, 1836, t. XXXVIII, p. 356.

(5) Marchand, *Ueber Harnstoff in hydropischer Flussigkeiten* (*Arch. fur Anat. und Physiol.*, von J. Mueller, 1837, Berlin, in-8°, p. 440).

1107. — On voit d'après les chiffres précédents, et surtout d'après les recherches de M. Lecanu (1), que la quantité d'urée contenue dans l'urine peut varier chaque jour sur les urines des vingt-quatre heures, lorsqu'on les recueille pendant quelques jours de suite. De plus, la quantité d'urée contenue dans l'urine de chacune des différentes mictions n'est pas la même.

De nombreuses circonstances peuvent la faire varier ; des boissons abondantes étant rapidement rejetées par le rein, les urines sont par elles rendues moins denses, plus aqueuses ; la quantité d'urée est alors relativement plus petite, etc. D'autre part, la nature des aliments et d'autres circonstances non déterminées font que pendant un ou plusieurs jours on rejette plus ou moins d'urée que pendant les jours précédents.

1108. — La quantité d'urée rendue pendant un temps donné par un homme adulte est plus grande que celle rendue par une femme adulte pendant le même espace de temps. C'est par erreur que Prout a avancé le contraire. Les individus dans la force de l'âge, même les femmes, rejettent dans un espace de temps limité plus d'urée que les enfants et les vieillards.

1109. — Toutes ces quantités se trouvent naturellement en rapport avec les différences de constitution de tout l'organisme et avec les différences que présentent les actes qu'ils exécutent ou phénomènes physiologiques qu'ils manifestent.

Il ne faut par conséquent pas être étonné de voir que la quantité d'urée contenue dans les animaux autres que l'homme diffère beaucoup suivant chacun d'eux. De plus, comme de même que chez l'homme elle varie suivant la constitution des individus, l'âge et les sexes, on ne doit pas être surpris de trouver que le même observateur, et surtout que les différents observateurs n'arrivent jamais deux fois aux mêmes chiffres.

Voici les chiffres obtenus par différents chimistes.

(1) Lecanu, *Sur la quantité d'urée contenue dans l'urine* (*J. de pharm.*, 1831, t. XVII, p. 649).

Urine de cheval (Bibra)	12,44	p. 1000.
— (Id.)	8,36	—
— (Boussingault)	31,00	—
Cheval diabétique (John)	33,30	—
Urine de bœuf (Sprengel)	40 00	—
— (Bibra)	19,76	—
— (Id.)	10,22	—
Urine de vache (Boussingault)	18,48	—
Urine de chèvre (Bibra)	3,78	—
— (Id.)	0,76	—
Chameau (Brandes)	6,00	—
Porc (Boussingault)	4,90	—
— (Bibra)	2,72	—
— (Id.)	2,97	—
Lièvre (Id.)	8,54	—
Sérum du sang d'un cholérique (Shaughnessy)	1,40	—

M. Chevreul a également trouvé beaucoup d'urée dans l'urine de chameau.

1110. — La quantité d'urée contenue dans les urines varie aussi dans diverses conditions morbides. M. Rayer a démontré qu'il est peu de maladies dans lesquelles on trouve l'urée en excès dans les urines (1). Prout dit cependant que les urines des enfants contiennent souvent un excès d'urée quand elles déposent des phosphates (2). Il en a aussi trouvé en excès ainsi que Bostock (3), dans les cas de diabètes insipide. Enfin, M. O. Henry dit également en avoir trouvé un excès chez un individu atteint de rhumatisme articulaire aigu (4).

D'après M. Rayer, la quantité d'urée contenue dans le sang devient plus considérable qu'elle n'est habituellement toutes les fois que les reins en fournissent moins qu'à l'ordinaire (5). En effet, MM. Prévost et Dumas (6), M. Ségalas (7), Mitscher-

(1) Rayer, *Malad. des reins*, in-8°. Paris, 1839, vol. I, p. 83.

(2) Prout, *An inquiry into the nature and treatment of diabetes*, etc., in-8°. London, 1825, p. 30.

(3) Bostock, *Medico-chirurg. transact.*, 1814, t. III, p. 107.

(4) O. Henry, *Exam. de l'urine dans un cas de rhumatisme articul. aigu* (*Arch. gén. de med.*, 1829, t. XX, p. 135).

(5) Rayer, *loc. cit.*, 1839, p. 85.

(6) Prévost et Dumas, *Exam. du sang et de son action dans les divers phén. de la vie*, 1821, t. XVIII, p. 280.

(7) Vauquelin et Ségalas, *Journal de physiologie de Magendie*, 1822, t. II. p. 354.

lich, Gmelin et Tiedemann (1), ont observé que l'urée augmentait de quantité dans le sang après l'extirpation des reins MM. Bernard et Barreswill ont fait voir depuis que l'urée n'augmente en quantité notable dans le sang qu'à l'approche de la mort, quand les sécrétions intestinales diminuent ou cessent; mais tant que l'animal est encore vigoureux, l'urée s'échappe par les sécrétions intestinales à l'état de sels ammoniacaux (2).

D'après Cruishank (3), l'urée est peu abondante dans l'urine incolore et claire des hystériques et des individus atteints d'autres affections convulsives. Il en serait de même dans l'hépatite chronique d'après Berzelius et MM. Prévost et Dumas, fait que met en doute M. Rayer (4), et Prout signale le contraire. M. Rayer a également vu que l'urée diminue dans la néphrite albumineuse, lorsque l'albumine passe dans l'urine. MM. Cap et Henry ont moins trouvé d'urée dans une urine visqueuse qu'à l'état normal (5).

1111. — L'urée se trouve dans l'urine toujours à l'état liquide par dissolution directe dans l'eau, qui, ainsi que nous l'enseigne la chimie, peut en dissoudre un poids égal au sien. Il est probable qu'elle existe sous le même état dans toutes les autres parties de l'économie où nous avons indiqué qu'elle se trouve.

1112. — L'urée présente dans l'urine les mêmes phénomènes chimiques que dans tout autre liquide. Ainsi dans l'urine rejetée hors de l'économie et maintenue à la température de l'ébullition pendant quelque temps, l'urine se décompose au contact des sels alcalins en carbonate d'ammoniaque. La réaction se manifeste assez promptement dans les urines

(1) Mitscherlich, Gmelin und Tiedemann, *Aufsuchung der Harnstoffs im Blute nach der Extirpation der Nieren* (*Zeitschrift für Physiol.*, Heidelberg und Leipzig, in 4°, 1833, t. V, p. 14).

(2) Bernard et Barreswill, *Sur les voies d'élimination de l'urée après l'extirpation des reins* (*Arch. gén. de méd.*, 1847, t. XIII, p. 449).

(3) Cruishank dans Rollo, *Cases of diabetes mellitus*, etc., 2e édit., in-8°. London, 1778.

(4) Rayer, *loc. cit.*, 1839, t. I, p. 84.

(5) Cap et Henry, *Faits nouveaux pour servir à l'histoire de l'urine* (Journal l'*Expérience*, 1838, t. I, p. 621).

alcalines par la présence des carbonates alcalins, soit chez l'homme, soit chez les animaux. En présence de l'albumine, elle subit la même décomposition au bout de quelques jours, dès que la première commence à s'altérer et joue le rôle de ferment. Cette dernière action ne se manifeste pas seulement hors de l'économie, mais encore dans la vessie. La température du corps est très favorable à cette décomposition, qui a pour résultat la formation de carbonate d'ammoniaque qui rend bientôt l'urine alcaline et fétide. Dans l'urine comme dans un autre liquide, l'urée se combine aux acides nitrique et oxalique, et lorsqu'elle est abondante par rapport à la quantité d'eau, il se forme un précipité d'oxalate ou de nitrate d'urée. On reconnaîtra ce précipité à la forme des cristaux décrits et figurés plus loin, parce qu'on tire parti de leur disposition pour reconnaître ce principe lorsqu'on l'extrait de différents liquides.

1113.— L'urée, comme les autres principes cristallisables, n'a essentiellement qu'un seul caractère d'ordre organique, différent de tous les autres caractères : c'est de faire partie des corps vivants et organisés ; c'est de concourir à les constituer. C'est là un fait tout spécial que présentent un certain nombre seulement de composés, mais non tous ; et tous ne peuvent le présenter, ce que démontre l'expérience, car ce fait ne peut se déduire d'aucun autre fait connu dans les sciences physiques ou chimiques. C'est par tous les caractères précédents que l'urée concourt à constituer diverses humeurs de l'économie. C'est surtout à la constitution de l'urine que cette humeur prend part. Mais elle ne lui impose, si l'on peut ainsi dire, aucun de ses caractères, ni à quelconque des liquides dont elle fait partie. Elle concourt avec beaucoup d'autres principes à former ceux-là, et de leur réunion résultent des humeurs ou des solides dont la substance a des caractères qui lui sont propres. Ces caractères, pour être étudiés, nécessitent une connaissance exacte des principes constituants, parce qu'ils dérivent eux-mêmes des caractères de ceux-ci ; mais pourtant il n'est aucune partie du corps, solide ou li-

quide, dont les propriétés et les caractères reproduisent entièrement ceux d'un principe quelconque ; ou réciproquement, il n'est aucun principe immédiat qui possède à lui seul toutes les propriétés d'un tissu ou d'une humeur ; il en possède quelquefois une, comme c'est le fait de quelques principes gras pour l'odeur, mais c'est tout. Il peut se faire qu'un principe l'emporte en quantité sur les autres, comme c'est le cas pour l'urée dans l'urine ; mais cependant jamais sa connaissance ne suffit à elle seule pour faire connaître essentiellement la constitution, la nature de l'humeur dont il s'agit.

C'est en effet le propre de tous les principes immédiats, particularité démontrée par l'expérience, qu'ils peuvent concourir, comme le font plusieurs d'entre eux, à la constitution de toutes ou d'un trés grand nombre des parties du corps qui diffèrent par la consistance, la couleur, ou autres caractères de leur substance. Ce fait est encore purement expérimental, tout à fait contingent, ne découle d'aucun de ceux que nous enseignent la physique ou la chimie, et l'on pourrait parfaitement supposer qu'il en fût autrement ; que certains principes restassent toujours dans tel ou tel tissu, sans jamais en sortir, et ne fissent pour ainsi dire qu'osciller sur place, sans se renouveler. Il y aurait alors des principes *spécifiques* pour telle ou telle humeur ou tissu, comme il y a des éléments anatomiques caractéristiques des tissus.

Mais il n'en est rien ; nul d'entre eux n'est absolument propre à un solide ou à un liquide de l'économie. Il se trouve dans deux au moins d'entre eux : dans le sang et dans une autre humeur, ou dans un solide. La quantité seulement de tel ou tel principe, plus grande dans un liquide que dans un autre, peut servir à le caractériser. Tous se renouvellent ; ils se forment et sont chassés, ou passent à un autre état spécifique dans l'organisme même. C'est là une loi générale à laquelle est soumise la matière de tous les corps vivants ; eux seuls sont soumis à cette loi, mais tous lui sont soumis, car le fait est démontré pour leurs parties constituantes les plus simples, les plus élémentaires, *les principes immédiats*. La condition d'exis-

tence de ce fait, le plus général de ceux que nous offre l'étude de l'organisation des êtres vivants, se trouve naturellement être un fait plus simple, et plus général par suite, mais d'ordre moins élevé; d'ordre chimique, c'est-à-dire inorganique. Ce fait est l'union moléculaire réciproque des principes, ainsi que le peu de stabilité que nous offrent les combinaisons des composés chimiques extraits immédiatement des corps vivants; défaut de stabilité qui est lui-même une des causes de la difficulté des analyses anatomiques ou immédiates.

Ce n'est qu'en arrivant bientôt à l'histoire des éléments anatomiques que nous trouverons chacune des parties du corps plus compliquées qu'eux-mêmes, savoir les tissus et les humeurs caractérisées essentiellement par l'une des espèces de leurs éléments anatomiques, dont les caractères peuvent osciller entre certaines limites, mais non se transformer. C'est au contraire cette stabilité, cette non-transformation de leurs caractères qui est le fait le plus général qu'ils présentent partout; d'où résulte que tel élément est caractéristique de tel tissu, bien que souvent il soit accompagné d'autres éléments qui sont accessoires.

1114. — Les matériaux de formation de l'urée sont les substances organiques, mais on ne sait pas encore d'une manière précise quelles sont les espèces qui fournissent à cette formation, si c'est l'albumine, la fibrine, la musculine ou quelque autre; ou bien quelquefois si l'urée ne proviendrait pas de la créatine qui, venant des substances organiques, passerait par une succession d'état spécifique différents, créatine, créatinine et urée.

Par suite de cette incertitude on ignore naturellement encore le *lieu* où se passe cette formation de l'urée. On ne peut encore à cet égard que faire des hypothèses. Si l'urée provient directement des substances organiques dédoublant en espèces cristallisables, ce n'est pas dans les muscles qu'elle se forme, puisque ceux-ci n'en contiennent pas trace. Si elle provient de l'albumine ou de la fibrine, ou de la créatine et créatinine passées d'un état spécifique à un autre, c'est probable-

ment dans le sang que se passe le phénomène de cette formation. Les expériences de MM. Prévost et Dumas (1) ont montré que ce n'est pas dans le rein, puisque l'urée s'accumule dans le sang après l'ablation des reins, surtout à l'approche de la mort (2), lorsque les sécrétions intestinales se ralentissent déjà ou cessent. Demandez à un chimiste comment se forme l'urée? il vous répondra sans hésiter :

« L'oxygène du sang, en passant par les capillaires, y détruit, par une véritable combustion, les tissus devenus impropres à la vie; le carbone et l'hydrogène de ces tissus tendent, au moins en partie, à se transformer en acide carbonique et en eau, pour être rejetés par les poumons. Mais quelle forme prendra l'azote? La combinaison la plus simple qu'il pourrait former serait l'ammoniaque; ce gaz ne pouvant exister à l'état de liberté dans l'économie, *la nature a dû* le modifier : *il lui a suffi pour cela* de le mettre en rapport avec l'acide carbonique, et d'éliminer de cette combinaison les éléments de l'eau, pour la transformer en urée. Ce principe, étant inerte et soluble dans l'eau, peut passer sans le moindre danger dans le torrent de la circulation et être recueilli et rejeté par les reins. *Telle est l'origine de l'urée dans l'économie.* On voit que c'est en quelque sorte un *corps brûlé qui résulte de l'oxydation* des matières azotées de l'économie. »

Ou bien encore :

« Ainsi l'urée rentre dans le principe général auquel nous avons rattaché constamment les fonctions de la vie animale. Elle dérive manifestement de l'oxydation des matériaux azotés du sang et de leur tendance à se convertir en acide cyanique et en oxyde d'ammonium, produits d'un ordre tel, que pour les dépasser, il eût fallu brûler leurs éléments et donner naissance à de l'acide azotique par la combustion de l'azote

(1) Prévost et Dumas, *loc. cit.* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1823, t. XXIII, p. 90).

(2) Bernard et Barreswill, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1847, t. XIII, p. 460).

lui-même. Or il en serait résulté une grande conformation d'oxygène, pour une production de chaleur très faible ou même nulle. L'opération était donc inutile : la nature l'a évitée. La combustion des matières azotées s'arrête quand elles sont converties en cyanate d'ammoniaque, qui est transformé lui-même tout à coup en urée, par un changement isomérique, au fur et à mesure de sa production.

A la vérité, le cyanogène et l'ammoniaque pourraient être brûlés d'une autre manière, l'un en produisant de l'acide carbonique, l'autre en donnant naissance à de l'eau , et tous les deux en laissant dégager leur azote, circonstance qui expliquerait l'exhalation d'azote que M. Dulong, M. Despretz et M. Boussingault croient avoir constatée. »

« L'examen que nous venons de faire nous prouve donc que la production de l'urée dans le corps d'un animal a lieu en vertu du même principe auquel se rattachent la formation de l'acide carbonique et celle de l'eau. »

Déjà nous avons montré au chapitre Ier que l'hypothèse de la combustion pour la formation de l'acide carbonique telle qu'elle avait été avancée par les chimistes n'était pas un fait démontré expérimentalement. Nous avons vu que s'il existe une relation entre la quantité d'acide carbonique expirée ainsi que de la chaleur produite et celle des aliments ingérés, il se passe entre les deux phénomènes extrêmes, une foule d'actes autres que la combustion, qui peuvent donner lieu aussi aux mêmes résultats. En un mot, pour ce cas qui est des plus simples, les chimistes ont seulement fait un raisonnement chimique, une hypothèse chimique, à propos de physiologie. Mais ce n'est pas là de la physiologie; car ils ne se sont nullement placés au point de vue réel, c'est-à-dire au point de vue qu'exige la connaissance de l'organisation animale, autrement complexe et spéciale que ne le supposent les chimistes dans leurs vues, qui sont chimiques et non organiques. Ce que nous avons dit sur l'hypothèse de la combustion directe sur l'oxygène, et sur la formation de l'acide carbonique dans le corps des animaux, peut s'appliquer également à l'hypothèse de la forma-

tion de l'urée par oxydation des principes qui constituent le corps des animaux.

Mais, dira-t-on, vous faites disparaître l'hypothèse des chimistes sans rien mettre à la place; mieux vaut celle-là que pas du tout. D'abord nous montrons que l'hypothèse des chimistes n'est pas en rapport avec les faits physiologiques, ne se moule pas exactement sur eux; or, la donnant comme vraie et avec assurance, ils conduisent à des erreurs ceux qui s'appuient sur elle. C'est donc déjà un bien que de montrer cela. De plus, si nous ne la remplaçons pas par l'énoncé de la manière dont, en particulier, se fait l'urée dans l'économie, en rattachant les uns aux autres les divers ordres d'actes chimiques de contact qui ont lieu dans l'économie, nous avons montré qu'il y a une succession de phénomènes là où l'on n'en voyait qu'un. De la sorte, nous empêchons de rester dans l'inaction en faisant voir comment et où il faut chercher.

1115. — C'est par les reins que l'urée est rejetée hors de l'économie. Ce sont des organes purement éliminateurs et nullement formateurs de quelque principe que ce soit.

Lorsque les reins sont enlevés par néphrotomie, d'après MM. Bernard et Barreswill les sécrétions intestinales augmentent en quantité, et au lieu de rester intermittentes et de ne se former que pendant la digestion, elles se produisent d'une manière continue aussi bien pendant le jeûne que pendant le travail digestif. Quelques heures après la néphrotomie, le fait se manifeste, et en même temps on trouve des sels ammoniacaux dans le liquide intestinal, qui pourtant n'a perdu ni son acidité, ni ses propriétés digestives. MM. Bernard et Barreswill pensent que l'urée existe dans tous les cas à l'état d'urée dans le sang; mais ce qui fait qu'elle se montre dans les fluides intestinaux sous l'apparence de sels ammoniacaux, et non avec les caractères propres à l'urée, c'est que, à l'instant même où cette substance parvient dans le tube intestinal, elle se trouve en dissolution dans les fluides au sein desquels s'opèrent des phénomènes de la nature des fermentations, qui

la détruisent d'une manière incessante en sels ammoniacaux à mesure qu'elle arrive. Ils se sont assurés par expérience de la vérité de cette assertion : en introduisant dans l'intestin des chiens de l'urée ou des dissolutions d'urée et les sacrifiant au bout de quelques instants, on trouve que l'urée a disparu et a été remplacée par des sels ammoniacaux. On obtient le même résultat, mais avec plus de lenteur, avec l'intestin d'un animal récemment mort. (1) Ceci explique pourquoi MM. Vauquelin et Ségalas, après avoir administré de l'urée à un diabétique dont les urines manquaient presque complétement de ce principe, n'en retrouvèrent pourtant pas dans l'urine de ce malade (2).

Les expériences de MM. Prévost et Dumas montraient que l'urée se rencontre dans le sang des animaux après l'ablation des reins ; seulement il restait à expliquer pourquoi ce principe n'y existait d'une manière bien évidente que vers le troisième ou le quatrième jour après l'opération : cela tient, comme le montrent les expériences de MM. Bernard et Barreswill, à ce que l'urée sort par les intestins, comme nous venons de le dire, tant que l'animal reste vivant et que les sécrétions intestinales ont lieu. Ce n'est que lorsque les animaux s'affaiblissent et que l'urée ne peut plus être éliminée par l'intestin, faute de sécrétions, ainsi que l'ont montré ces expérimentateurs, qu'elle s'accumule dans le sang et que son existence peut y être démontrée avec facilité.

Woelher et Frerichs ont trouvé que de l'urée se produit chez le lapin, ou augmente si elle existait, quand on administre de l'urate de potasse. Après avoir pris 4, 5 grammes d'urate d'ammoniaque, un homme rendit une urine riche en urée. L'alloxane et l'alloxantine ne passent pas intactes dans l'urine de l'homme, mais il se produit beaucoup d'urée. Celle-ci, ingérée dans l'estomac, se retrouve, d'après eux, intacte

(1) Bernard et Barreswill, *Sur les voies d'éliminat. de l'urée après l'extirp. des reins* (*Arch. gén. de méd.*, 1847, t. XIII, p. 449).

(2) Vauquelin et Ségalas, *Note sur le diabète sucré* (*Arch. gén. de méd.*, 1824, t. VI, p. 625).

dans l'urine du lapin (1), résultat contraire à celui des expériences de MM. Bernard et Barreswill; mais il est probable que les premiers ont pris pour de l'urée ayant passé de l'intestin dans les urines celle qui se trouve normalement dans cette humeur. M. Bernard a montré aussi que (2) l'urée, pendant l'abstinence, existe proportionnellement en plus grande quantité que dans l'état ordinaire. Chez les carnivores l'urée persiste, et c'est l'acide urique qui disparaît par l'abstinence.

L'urine est un produit de constitution simple, comme tous les produits : formé par simple dissolution de principes immédiats les uns par les autres, et principalement par l'eau; produit purement et essentiellement excrémentitiel, il est le résultat d'un ensemble considérable d'actes. Ses modifications sont par suite, et tout naturellement, très nombreuses, et manifestent ou peuvent manifester une modification de chacun de ces actes. Il est donc tout naturel aussi d'arriver à reconnaître que, bien plus que dans toute autre humeur, la connaissance des modifications que présente l'un de ces principes, même le plus abondant, ne peut suffire, et qu'il faut les connaître tous. Néanmoins l'urée est le plus important de ces principes, ce qu'indique déjà sa quantité, puis ses rapports avec la composition des autres principes, surtout des substances organiques.

Elle joue surtout le rôle de principe excrémentitiel. Ce n'est guère qu'à ce titre qu'elle concourt à la constitution du sang. Il est probable que dans les autres humeurs elle ne remplit qu'un rôle très accessoire, mais encore indéterminé.

1116. — *Extraction.* Pour extraire l'urée de l'urine, on évapore ce liquide au bain-marie, de manière à le ramener environ au dixième de son volume primitif. On y verse peu à peu de l'acide azotique débarrassé d'acide azoteux : il se précipite une combinaison cristalline d'urée et d'acide azotique que l'on nomme azotate d'urée. Cette combinaison, qui est d'abord colorée, peut être purifiée par des cristallisations et par l'action

(1) Woehler et Frerichs, *Modificat. que div. subst. éprouvent en passant dans l'urine* (*Journ. für prakt. Chem.*, 1848, t. LXIV, p. 60).

(2) Bernard, *Constitut. physiol. de l'urine et de la bile* (*Comptes rendus de la Soc. philomat.*, 1848, et journal *l'Institut*, 1848, p. 63).

du noir animal. On décompose l'azotate d'urée en traitant la dissolution par du carbonate de plomb ou de baryte ; on évapore la liqueur, et l'on reprend le résidu par l'alcool bouillant, qui laisse les azotates métalliques et abandonne par le refroidissement ou l'évaporation de beaux cristaux d'urée. Pour constater la présence de l'urée en petite quantité dans un liquide, on procède comme plus haut ; seulement, au lieu d'ajouter directement l'acide azotique à l'urine évaporée, on l'extrait par l'alcool, qui enlève l'urée qu'il sépare ainsi des autres éléments de l'urine ; cela est nécessaire, surtout pour les recherches au moyen du microscope.

M. le docteur W. Marcet a récemment indiqué un autre procédé qui permet d'obtenir directement, sous la forme cristalline, l'urée libre contenue dans l'urine (1), et il l'a mis fréquemment en pratique dans notre laboratoire. « On évapore l'urine à siccité au bain-marie et l'on dessèche le résidu sur l'acide sulfurique. Lorsque la masse est devenue dure et cassante, on la traite à plusieurs reprises par l'alcool absolu bouillant, en décantant après chaque opération. Il faut le répéter jusqu'à ce qu'il reste dans la capsule une masse brune, dure et cassante, qui n'abandonne plus de matière colorante à l'alcool. On obtient ainsi un extrait alcoolique de l'urine contenant toute l'urée, un peu de sel marin, et ayant une réaction acide très prononcée. On ajoute alors à cette liqueur une petite quantité d'éther sulfurique, en le laissant descendre le long du vase de manière à éviter le mélange des liquides. On aperçoit d'abord un précipité nuageux au point de contact des deux couches, puis ce mouvement se communique graduellement au-dessus et au-dessous. Puis cinq ou six heures après, le précipité a disparu, les bords et le fond du vase se trouvent alors couverts de très beaux cristaux d'urée. Il faut ajouter de l'éther jusqu'à ce qu'il ne se précipite plus rien, et l'on obtient ainsi directement presque toute l'urée contenue à l'état libre dans l'urine. Il se trouve souvent un peu de sel marin parmi les cristaux, qu'on peut séparer par une nouvelle cristallisation dans l'eau. Cette opération est nécessaire si l'on désire conserver l'urée ainsi préparée, car à peine a-t-on décanté le mélange d'éther et d'alcool que l'urée disparaît, étant en cet état très déliquescente ».

Lorsqu'on fait évaporer l'alcool à l'aide duquel on a extrait l'urée de l'urine ou d'un autre liquide qui en contient, ou bien lorsqu'on fait cristalliser une so ution aqueuse de cette substance, les cristaux prennent un aspect tout caractéristique. Ce sont des aiguilles généralement assez volumineuses, qui sont groupées parallèlement, et sur lesquelles d'autres s'appuient par leur extrémité la plus volumineuse (pl. XXIX, fig. 3, *b*). L'extrémité mince est ordinairement amincie et se termine par une pointe mousse (pl. XXX, fig. 1, *c*). Ces aiguilles divergent ordinairement à partir

(1) W. Marcet, *Recherches sur les principes immédiats contenus dans l'urine humaine* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1852).

de leur point d'appui, et de plus petites s'étendent obliquement entre les plus écartées, comme des pièces de soutenement (*d*, *d*, *d*). La surface des plus grosses aiguilles est généralement striée dans le sens de la longueur, et souvent elle est chargée de petites irrégularités qui ont quelquefois la forme de petits corpuscules (pl. XXIX, fig. 3, *b*, *e*).

Lorsqu'au lieu de faire évaporer le liquide dans une capsule ou un verre de montre on a pris seulement une goutte de celui-ci, et qu'on l'a fait dessécher sur la lame de verre du microscope, les aiguilles se disposent en rosaces; souvent elles sont aplaties, lamelleuses et tellement minces qu'elles sont percées d'espace en espace. Ces orifices sont de formes et de grandeurs diverses; souvent ils sont disposés d'une manière symétrique (*f*) et très élégante. Çà et là se voient quelquefois des interruptions (*g*). On rencontre dans quelques cas, quoique rarement, des aiguilles de ces rosaces terminées par une base régulière de prisme rectangulaire ou rhomboïdal droit (*a*).

Lorsqu'on fait cristalliser de l'urée pure dissoute dans l'eau, elle se dépose en grosses aiguilles visibles à l'œil nu, diversement groupées, mais prenant cependant une disposition qui les fait déjà facilement reconnaître au premier coup d'œil. Beaucoup de ces aiguilles, vues à un grossissement de 10 à 30 diamètres, montrent des arêtes nettement limitées, des faces ordinairement lisses, et sont terminées par une base de prisme droit rectangulaire (pl. XXX, fig. 3, *a*). Ordinairement ces aiguilles sont renflées vers le milieu, et se terminent néanmoins par une base rectangulaire, mais plus ou moins petite (*b*). Elles s'altèrent à l'air par déliquescence; alors les arêtes deviennent mousses et les faces irrégulières.

Dans l'urine évaporée jusqu'à consistance de sirop et abandonnée à elle-même pendant un ou plusieurs jours, il se forme des groupes de cristaux d'urée. Ce sont des prismes allongés ou grosses aiguilles, disposés en rosaces ou entrecroisés. Ils ont quelquefois 2 à 5 centimètres de longueur quand la masse de liquide était assez abondante. Il y en a toujours beaucoup de plus petits qui flottent dans le liquide. Ils sont assez gros généralement pour être vus à l'œil nu; mais, vus au microscope, on peut les reconnaître encore mieux. Ce sont des aiguilles à extrémités mousses, qui ont conservé quelquefois encore la forme d'un prisme carré, dont les arêtes sont plus ou moins régulières (pl. XXX, fig. 4, *a*, urée d'urine de chien). D'autres fois, la forme prismatique n'est plus reconnaissable, parce que les arêtes sont trop déformées. Il y a quelquefois de ces prismes qui sont accolés, et dont les extrémités sont lamelleuses (fig. 4, *b*). Souvent, sur un prisme principal, s'en trouve un plus petit qui lui adhère et le fait paraître ramifié. Les prismes peuvent être encore bien plus déformés; ils ressemblent à des bâtonnets renflés vers le milieu, terminés en pointe mousse et irrégulièrement cylindriques. Leur surface est grossièrement striée, granuleuse, irrégulière; aussi sont-ils à peine transparents (pl. XXX,

fig. 2, *a*, *b*, urine de porc). Il n'est pas rare d'en trouver à l'extrémité desquels d'autres sont groupés et semblent être des ramifications du prisme principal.

L'urine ou les autres liquides dans lesquels on veut rechercher l'urée doivent être préalablement filtrés lorsqu'ils contiennent des flocons muqueux, du pus, des épithéliums ou des globules sanguins. Si l'humeur contient de l'albumine, on coagule celle-ci par l'ébullition, et elle entraîne en même temps les matières grasses. S'il y a peu de liquide, on le mélange avec une ou deux fois son volume d'alcool avant de chauffer; on filtre le liquide et on le fait évaporer jusqu'à consistance de sirop ou à peu près, et l'on traite par l'acide nitrique ou oxalique pour obtenir le sel d'urée, qu'on purifie. Lorsqu'il s'agit d'urines bilieuses, il faut d'abord précipiter la matière colorante par l'acétate de plomb. Le liquide est ensuite traité comme à l'ordinaire. Dans les urines sucrées, il faut éviter de détruire le sucre par la fermentation, à l'aide de la levûre, comme l'indiquent quelques auteurs, car l'urée fermente et se détruit en même temps que le sucre.

Nitrate d'urée. La propriété qu'a l'urée de donner un précipité insoluble ou à peine soluble avec les acides azotique et oxalique est souvent mise à profit pour abréger la recherche de ce principe dans l'urine ou d'autres liquides. Le liquide, étant préalablement débarrassé de l'albumine ou de la bile lorsqu'il en contient, est évaporé de manière à perdre la moitié de son eau et traité par l'acide. Il suffit même de prendre une seule goutte de liquide urinaire ou autre, et de laisser l'eau s'évaporer en partie, puis d'ajouter une goutte d'acide que l'on place à côté de la première. En étudiant le phénomène au microscope à un grossissement de 200 à 250 diamètres, on voit se former des cristaux et des groupes de lamelles qui ont toujours une disposition très caractéristique. Nous allons étudier ces cristaux formés dans diverses conditions (pl. XXX, fig. 5 et 6; pl. XXXI et XXXII). Si l'on prend une goutte de solution aqueuse d'urée pure et de l'acide nitrique, on voit se former des lamelles rhomboïdales et d'autres rectangulaires (pl. XXX, fig. 5, *c*, *d*, *e*, *g*), soit isolées, soit groupées, et dont les angles sont souvent tronqués également ou non (*f*); si la goutte est volumineuse, il s'y forme des prismes rectangulaires droits (*a*) et d'autres rhomboïdaux droits (*b*). Les lames peuvent être très minces ou au contraire avoir une épaisseur très notable (*e*, *g*, *f*). Toutes présentent des stries parallèles, soit aux arêtes principales, soit à celles des troncatures; quelquefois il y a deux ou trois sortes de lamelles superposées (*c*).

Si, au lieu de prendre une dissolution pure d'urée, on a fait évaporer de l'urine et qu'on la traite comme nous venons de le dire, les lamelles sont plus confusément groupées (pl. XXX, fig. 6, figure tirée de l'atlas de MM. Donné et Foucault). Mais il est facile de reconnaître leurs extrémités rhomboïdales ou quadrilatères, ou même des lames entières superposées aux au-

tres. Nul autre principe que l'acide urique ne se précipite par l'action de l'acide nitrique ; mais les lames sont presque toujours isolées, très petites, toujours rhomboïdales et en quantité presque inappréciable à côté des masses de nitrate d'urée qui se forment.

Lorsqu'on ajoute de l'acide nitrique à de l'urine ou autre liquide contenant de l'urée qui a été évaporée dans une capsule ou un verre de montre, les cristaux de nitrate sont plus volumineux, mais toujours facilement reconnaissables par leur mode de groupement. Il se forme des cristaux losangiques (pl. XXXI, fig. 1, *e*, *e*, *e*) à angles mousses ou arrondis, assez épais et lamelleux. Il est facile de reconnaître, par le nombre et la direction des lignes parallèles aux bords du cristal, que chacun d'eux est formé par une quantité considérable de lamelles. Cette structure leur donne un aspect tout particulier qui les distingue de toute autre combinaison des principes immédiats. Ces cristaux peuvent être groupés de diverses manières : tantôt ils sont au nombre de trois ou quatre sans disposition particulière (*l*, *g*) ; d'autres fois ils sont disposés en croix (*a*, *b*, *c*, *d*). Il n'est pas rare de voir de ces cristaux considérablement allongés par imbrication presque indéfinie des lamelles qui les forment (*a*, *b*, *i*, *k*). Dans ce cas, ils se réunissent de diverses manières et forment quelquefois des arborisations de formes et de volumes très variés (*i*, *k*). Enfin il peut se former des groupements confus de ces lamelles imbriquées, ne laissant voir des extrémités losangiques qu'à la périphérie ou à la surface (*h*, *f*). Au milieu ou sur ces lamelles imbriquées, on trouve souvent des aiguilles accumulées, terminées en biseau, qui s'irradient à partir d'un point central (*h*). Telles sont les dispositions principales des lamelles d'azotate d'urée et de leurs groupements, qui sont toujours tellement caractéristiques qu'il suffit d'en avoir vu les figures ou de les avoir observées une fois pour ne plus les confondre avec quelque principe que ce soit.

Tous ces cristaux ont une teinte jaunâtre particulière assez foncée, tirant sur le bistre ou la terre de Sienne brûlée.

Oxalate d'urée. Lorsqu'on met de l'acide oxalique au contact de l'urée pure ou presque pure, il se précipite de l'oxalate d'urée qui présente toutes les formes dérivées des prismes rectangulaire et rhomboïdal droit (pl. XXXI, fig. 2). On trouve toujours un certain nombre de formes types (*a*, *a*, *b*, *b*), soit prismatiques, soit lamelleuses (*e*, *e*). Beaucoup de prismes, surtout ceux à base rhombe, présentent des facettes de décroissement sur deux des angles (*c*, *c*, *c*). Il en est de même des lamelles (*f*, *f*). Quelques prismes sont terminés en pyramide à quatre faces par décroissement sur les quatre angles de la base (*h*). Ces cristaux sont toujours mêlés de lamelles petites et étroites, et même d'aiguilles (*g*, *g*, *d*, *d*). Les petites lamelles sont en général groupées, mais ces groupes ne sont nombreux qu'autant que la cristallisation a été rapide (*d*, *d*, *d*).

Lorsqu'on ajoute de l'acide oxalique à l'urine suffisamment évaporée ou

à d'autres liquides complexes contenant de l'urée, on obtient quelques unes des formes décrites plus haut, surtout des groupes de lamelles (*d*, *d*, *d*), quand la cristallisation a été rapide ; mais il s'en produit encore d'autres (pl. XXXII, fig. 1). On trouve un certain nombre de prismes très plats avec décroissement sur deux des angles opposés qui sont soudés deux à deux par les faces correspondantes de décroissement (*a*, *d*). Il y a aussi des lamelles offrant les mêmes particularités (*k*, *k*). Lorsque les cristaux se sont formés rapidement, on trouve toujours des groupes formés de cristaux allongés, résultant de l'imbrication de prismes minces (*e*, *e*). Il s'y trouve également des lamelles, isolées avec ou sans troncatures (*g*, *b*, *c*) et des aiguilles lamelleuses ou prismatiques (*h*). Ces cristaux et ceux de la figure précédente sont incolores, à moins que le liquide ne soit trop coloré lui-même ; alors ils prennent une teinte jaunâtre. Mais ceux que nous venons de décrire sont toujours mêlés d'un grand nombre de masses cristallines (pl. XXXII, fig. 2) formées de petits cristaux diversement groupés. Ces cristaux sont des lames minces et étroites, coupées obliquement à leur extrémité, c'est-à-dire par un angle de rhombe. Ils sont disposés généralement en masses sphériques (*a*, *a*) ou de forme irrégulièrement circulaire, aplaties, à partir du centre desquelles s'irradient les lamelles (*d*, *d*). Ce sont quelquefois des masses sans forme exactement déterminable (*e*). Ces lamelles sont quelquefois rangées perpendiculairement ou obliquement le long d'une des faces des prismes, qui alors sont eux-mêmes volumineux et allongés (*b*). Des prismes de cette espèce, soit rhomboïdaux, soit rectangulaires, à faces lisses ou striées, et à angles déformés, sont fréquemment groupés en étoile (*f*). Enfin il y a des groupes cristallins, formés de ces lamelles, qui conservent la forme rhomboïdale ou rectangulaire (*c*). Quelquefois elles sont assez épaisses pour représenter de véritables prismes. Tous ces groupes ont une couleur jaunâtre *terre de Sienne brûlée* assez intense et fort belle, qui, jointe à leur forme, permettra de faire facilement distinguer l'oxalate d'urée, et, par suite, l'urée de tous les autres principes.

L'urée et tous les sels que nous venons de décrire colorent la lumière polarisée d'une manière souvent très remarquable, suivant les modes de groupement des cristaux.

Extraction de l'urée du sang. Pour extraire l'urée du sang, les procédés à suivre sont plus compliqués que lorsqu'il s'agit de l'urine.

Le sang contient des substances soit grasses, soit d'une autre nature, qui se dissolvent dans l'alcool ; en extrayant du sang évaporé par de l'alcool, on aurait un mélange de divers corps qui marqueraient la présence de l'urée, surtout lorsqu'elle existe en très petite quantité. Il faut donc d'abord coaguler le sang défibriné avec son volume d'eau, le filtrer sur un linge et l'évaporer au bain-marie ; on mélange le liquide évaporé à consistance sirupeuse avec de l'alcool à 36 degrés ; il se forme un précipité que l'on

sépare du liquide. La solution alcoolique est évaporée, puis traitée par de l'acide oxalique qui décompose les savons et rend les graisses insolubles ; on traite la liqueur filtrée par de l'éther qui enlève tout l'acide hippurique, et qui forme une couche supérieure que l'on peut séparer ; la couche inférieure, neutralisée par du carbonate de chaux, est évaporée de nouveau, puis séchée dans le vide ; on traite alors la masse séchée par de l'alcool absolu froid, qui dissout presque uniquement l'urée, qu'on peut obtenir en cristaux ou en combinaison avec l'acide nitrique et l'acide oxalique. Si l'on ne prend pas toutes ces précautions, il sera très difficile de reconnaître une très petite quantité d'urée, l'azotate d'urée et l'urée elle-même ne cristallisant que des solutions assez pures. M. le docteur Hervier a pu ainsi démontrer dans notre laboratoire la présence de l'urée dans le sang de l'homme, en opérant sur 250 à 500 grammes de liquide seulement. Le sang provenait de malades atteints de rhumatisme, de pneumonie et d'érysipèle (1).

Il est rarement nécessaire d'employer les réactifs pour observer l'urée pure sous le microscope, parce que ses formes cristallines sont trop caractéristiques pour laisser du doute sur la nature du principe examiné. Cependant quelquefois, lorsqu'on n'a qu'une petite quantité de ce corps, on peut confirmer les résultats de l'observation en glissant entre les lamelles de verre du microscope de l'acide nitrique ou oxalique, qui décompose l'urée et donne les masses cristallines, lamelleuses, que nous avons décrites.

Dans la pratique, pour savoir approximativement s'il y a de l'urée mêlée à d'autres substances dans un résidu ou un extrait, on emploie plus fréquemment la destruction de la matière sur une lame de platine qu'on chauffe convenablement à la lampe à alcool ou à gaz. L'urée se décompose alors en ammoniaque et en acide cyanurique, puis en acide cyanique ; l'odeur caractéristique de la première, l'odeur piquante se rapprochant de celle de l'acide formique de ce dernier corps, peut aider à reconnaître les produits de décomposition de l'urée.

Dosage de l'urée. Liebig vient d'indiquer le procédé suivant pour doser la quantité d'urée contenue dans une humeur quelconque ; il est fondé sur ce que le nitrate de mercure précipite l'urée, en formant avec elle un nitrate d'urée et de mercure.

On prépare une liqueur composée de nitrate de mercure dissous dans l'eau. On essaie, dans une éprouvette graduée, la quantité nécessaire de ce liquide pour précipiter un poids déterminé d'urée pure, un décigramme ou un centigramme, par exemple. Cela fait, on n'a plus qu'à voir la quantité de cette liqueur employée chaque fois qu'on a dé-

(1) Paul Hervier, *De l'existence habituelle de l'urée et de l'acide hippurique dans le sang normal de l'homme*. Thèse pour le doctorat en médecine ; in-4°. Paris, 1850.

terminé un précipité dans un liquide privé d'albumine. On obtient ainsi une quantité d'urée un peu supérieure à celle que fournissent les autres procédés, qui tous donnent lieu à perte ou à décomposition d'une partie du principe qu'on cherche. Ce sont là les résultats auxquels est arrivé M. le docteur Schwarzenbach dans cinq expériences comparatives faites sur l'urine, dont il nous a fait part en nous communiquant les détails de ce procédé, dont la description par son éminent auteur, si elle est publiée, ne nous est pas encore parvenue.

1117. — *Historique.* L'urée a été découverte par Rouelle le cadet, en 1771, dans l'urine humaine. Il ne lui donna pas de nom, mais reconnut qu'elle était cristallisable, soluble dans l'alcool et donnait de l'ammoniaque par la distillation (1). Fourcroy admet que Schèele l'avait entrevue dans ce qu'il appelle *substance extractive de l'urine* (2). Cruishank l'obtint séparément et cristallisée en 1798, et John Rollo en constata la présence même dans le diabète insipide (3). L'année suivante, Fourcroy et Vauquelin l'obtinrent pure (4); ils lui donnèrent le nom qu'elle porte, et montrèrent qu'elle se combine avec l'acide nitrique (5) et les chlorures alcalins. Ils pensaient que c'était le principe essentiel de l'urine qui lui donne son odeur, sa couleur, sa saveur en partie, et en général toutes les propriétés qui caractérisent véritablement l'urine. Ils reconnurent sa déliquescence; ils lui attribuent à tort une odeur alliacée, une saveur âcre; ils reconnurent que son ébullition dans l'eau la décompose en acide carbonique et ammoniaque ; il en est de même des alcalis.

Dans des expériences faites à Madrid en 1799, et publiées seulement en 1800 (6), Proust crut avoir trouvé avant eux la substance que Fourcroy et Vauquelin appellent *urée*. Mais la matière résineuse qu'il prend pour l'urée était un produit de décomposition de diverses substances. Deux ans après, Schultens (7) et Hildebrandt (8) trouvèrent ce principe dans l'urine, comme l'avaient fait Fourcroy et Vauquelin. Dupuytren et M. Thenard crurent que l'urée disparaissait dans le diabète et se repro-

(1) Rouelle le cadet, *Journ. de méd. de Vandermonde*, 1771, t. XXXVI.

(2) Schèele, *Mém. de l'Acad. roy. des sc. de Suède*, 1775-1776, t. XXXVI, p. 327.

(3) Cruishank (et non Cruikshank), *Cases of the diabetes mellitus, by* John Rollo, in-8°. London, 1798, p. 438.

(4) Fourcroy et Vauquelin, *Premier mém. pour servir à l'hist. nat. chim. et médic. de l'urine* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXI, p. 68).

(5) Fourcroy et Vauquelin, *Second mém. pour servir à l'hist. nat. chim. et médic. de l'urine* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXII, p. 81, 89).

(6) Proust, *Ann. du Mus. d'hist. nat.*, in-5°. Paris, 1800, t. I, p. 275.

(7) Schultens, *Disputatio chem. medica de causis immunitæ in Rep. Batav. morbi calculosi frequentiæ*. Lugd. Bat., 1802.

(8) Hildebrandt, *Hildebrandt's Encyclop.* Erlangen, 1802, t. I, p. 1551.

duisait de nouveau au fur et à mesure de la guérison (1). Peu après, M. Thenard trouva aussi l'urée dans l'urine normale (2). Fourcroy et Vauquelin trouvèrent aussi de l'urée dans l'urine de cheval et de lapin (3). Brandes en trouva aussi dans l'urine de cheval, d'âne, de chameau et de vache (4). M. Chevreul en a également trouvé dans l'urine de chameau (5). Plus tard Vauquelin en trouva dans l'urine du lion, du tigre royal et du castor (6). Bostock a trouvé de l'urée en excès dans un cas de diabète insipide (7). Rose (8), ainsi que John Bostock (9), disait au contraire avoir trouvé de l'urée dans l'urine des diabétiques, quoique cependant en petite quantité. Fourcroy et Vauquelin constatèrent la même année qu'il y a beaucoup d'urée dans l'urine des ictériques (10). John en trouva également dans celle des goutteux ; il en détermina la présence à l'aide de l'acide nitrique (11). Ce fut Berzelius qui, le premier, à peu près (12) à la même époque, en détermina la quantité d'une manière exacte (30 pour 1000). M. Chevreul pense également avoir trouvé de l'urée dans l'urine des diabétiques (13). Plus tard MM. Prévost et Dumas montrèrent que l'urée n'est pas formée dans les reins (14), comme le croyaient Dupuytren et Thenard ; car, après

(1) Dupuytren et Thenard, *Mém. sur le diabète sucré* (*Ann. de chim.*, 1806, t. LIX, p. 41).

(2) Thenard, *Mém. sur l'anal de la sueur, l'acide qu'elle contient, et sur les acides de l'urine et du lait* (*Ann. de chim.*, 1806, t. LIX, p. 262).

(3) Fourcroy et Vauquelin, dans Fourcroy, *Syst. des conn. chim.*, 1801, t. X, p. 183-188.

(4) Brandes dans Hatchett, *Lettre à M. Home sur l'urine des chameaux et de quelques autres herbivores* (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 266). — Brandes, *Transact. philosoph.*, 1806, 2e part., p. 372.

(5) Chevreul, *Note sur les urines de chameau, de cheval*, etc. (*Ann. de chim.*, 1808, t. LXVII, p. 294).

(6) Vauquelin, *Anal. comparée de l'urine de div. anim.* (*Ann. de chim.*, 1812, t. LXXXII, p. 197).

(7) John Bostock, *Observations on diabetes insipidus* (*Medico-chirurgical transact.*, in-8°, London, 1812, t. III, p. 107).

(8) Rose, *Neues allgem. Journ. der Chem.*, 1806, t. VI, p. 21.

(9) John Bostock, *Mem. of the medic. Society of London*, 1806, vol. VI, p. 237.

(10) Fourcroy et Vauquelin, *Mém. de l'Institut de France*, 1806, t. VI.

(11) John, *Chemische Untersuchungen anim. veget. und miner. Subst.* Berlin, 1811, p. 40.

(12) Berzelius dans Berzelius et Hizinger, *Mém. de phys., de chim. et de minér*, 3e part., 1812. — Berzelius, *Mém. sur la composit. des fluides anim.* (*Ann. de chim.*, 1813, t. LXXXVIII, p. 26 et 113).

(13) Chevreul, *Note sur le diabète* (*Ann. de chim.*, 1815, t. XCV, p. 119).

(14) Prévost et Dumas, *Exam. du sang et de son action dans les div. phén. de la vie* (*Ann. de chim. et de phys.*, 1821, t. XVIII, p. 280).

l'extirpation de ces organes, on en trouve dans le sang, et ce liquide contient alors deux fois plus de matières solubles dans l'alcool (1) qu'avant l'opération. Vauquelin et M. Ségalas sont arrivés aussi au même résultat (2). Prout indique aussi la présence de l'urée dans le diabète insipide et chez les enfants dont l'urine laisse déposer des phosphates (3).

Hieronymi a examiné l'urine des animaux carnivores, de l'urine de lion, de tigre, de léopard, d'hyène et de panthère : il trouve, en contradiction avec les données de Vauquelin, que l'urine des carnivores contient de l'acide urique, qu'elle est très acide. Hieronymi trouve en outre que l'urine de ces animaux contient beaucoup d'urée, savoir 13 pour 100. Cette urée se décompose très vite en carbonate d'ammoniaque, et rend alors l'urine alcaline : c'est probablement ce qui fait que Vauquelin admettait que l'urine des carnivores avait une réaction assez fortement alcaline (4). M. O. Henry pense avoir constaté que ce principe augmente de quantité dans les cas de rhumatisme articulaire aigu (5). Nous avons déjà suffisamment parlé du grand travail de M. Lecanu sur la quantité d'urée contenue dans les urines pour ne plus être obligé d'y revenir (6).

Tiedemann, Mitscherlich et Gmelin ont également, comme MM. Prévost et Dumas, reconnu que l'urée existe dans le sang après l'extirpation des reins, et, par conséquent, qu'elle ne se forme pas dans ces derniers organes (7). Tiedemann et Gmelin n'ont pu la retrouver (8). Weatherhead a soupçonné, mais sans aucune espèce de preuves et avec des idées évidemment erronées sur le rôle de l'urée, que ce principe existait dans le sang des goutteux sous quelque forme que ce fût (9). Morin a publié un long travail sur l'urine : ce mémoire a pour but de démontrer que dans l'urine il ne se trouve point d'urée, mais une autre substance que Morin

(1) Prévost et Dumas, *Exam. du sang et de son act. dans les div. phén. de la vie*, second mémoire (*Ann. de chim. et de phys.*, 1822, t. XXIII, p. 90).

(2) Vauquelin et Ségalas, *Journ. de physiol.*, de Magendie, 1822, t. II, p. 354.

(3) Prout, *Nature and treatment of diabetes, calculus*, etc., in-8°. London, 1825, p. 30.

(4) Hieronymi, *Chem. Untersuch. einiger fleishressenden Thiere* (*Jahrbuch der Chem. und Pharm.*, 1829, t. III, p. 322).

(5) O. Henry, *Examen de l'urine dans un cas de rhumat. articulaire aigu* (*Arch. gén. de méd.*, Paris, in-8°, 1829, t. XX, p. 135).

(6) Lecanu, *Sur la quantité d'urée contenue dans l'urine* (*Journ. de pharm.*, 1831, t. XVII, p. 649).

(7) Tiedemann, Mitscherlich et Gmelin, *Aufsuchung des Harnstoffs im Blute nach der Extirpation der Nieren* (*Zeitszchrift für Physiol.*, 1833, t. V, p. 14).

(8) Tiedemann et Gmelin, *Sur l'urée dans le sang* (*Ann. der Physik und Chemie*, von Poggendorff, 1834, t. XXXI, p. 303).

(9) Weatherhead, *Synopsis of nosology*. London, 1834, in-8°. — *London medic. gazette*, 1837, t. XX, p. 314.

appelle *urile*. Ce travail n'a aucune couleur scientifique (1). Nysten a trouvé dans la matière de vomissements, fournie par des malades dont la sécrétion urinaire était empêchée : de l'urée, de l'acide urique, du phosphate ammoniaco-magnésien et les autres sels qui se rencontrent ordinairement dans l'urine. De même dans la liqueur provenant d'hydropisie, il trouve de l'urée et de l'acide urique (2).

MM. Cap et Henry ont prétendu que l'urée dans l'urine n'était pas à l'état libre, mais à l'état de combinaison, principalement comme lactate d'urée, et comme oxalate d'urée (3). Mais depuis lors M. Pelouze a montré que l'urée peut cristalliser dans l'acide lactique pur et sirupeux sans se combiner avec lui (4). Ils ont également trouvé que les urines visqueuses contenaient moins d'urée que les urines saines. M. Lecanu a vu de l'urée dans le tissu des reins d'une femme morte à la suite d'une chute ; les reins furent hachés et broyés dans un mortier avec de l'eau, le liquide fut coagulé par l'alcool, distillé et traité par l'acide nitrique : il se forma bientôt des cristaux de nitrate d'urée (5). Reiny a trouvé de l'urée dans le sang des cholériques (6), et Christison dans la maladie de Bright (7). Rees crut avoir trouvé un excès d'urée dans le sang chez les hydropiques (8) ; mais Brett et Bird (9) ont fait voir qu'il y avait eu très probablement erreur dans ces expériences. MM. Rayer et Guibourt sont cependant arrivés au même résultat dans des cas analogues, mais ils ne considèrent pourtant pas leurs expériences comme étant encore suffisamment concluantes (10). Ce fut à cette époque que Marchand trouva que beaucoup de liquides autres que le sang contiennent de l'urée (11).

(1) MORIN, *Mém. sur la constit. des urines* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1836, t. LXI, p. 5).

(2) B.-H. NYSTEN, *De la présence des principaux matériaux de l'urine dans la matière de certains vomissements et dans l'eau des hydropiques* (*Journ. de chim. méd.*, 2e série, 1837, t. III, p. 257).

(3) CAP et HENRY, *Faits nouveaux pour servir à l'hist. de l'urine* (*Comptes rend. des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1838, t. VI, p. 336, et journal *l'Expér.*, 1838, t. I, p. 621).

(4) PELOUZE, *Ann. de phys. et de chim.*, 1842, t. VI, p. 65.

(5) LECANU, *De la présence de l'urée dans les liquides des reins* (*Journ. de pharm.*, 1838, t. XXIV, p. 352).

(6) REINY, *London medic. gaz.*, 1838, p. 32.

(7) CHRISTISON, *On the granular degeneration of the kidney*. Edinburgh, 1839, p. 20.

(8) REES, *Presence of urea in the blood* (*Lond. med. gaz.*, 1833, t. XII, p. 676.)

(9) BRETT and BIRD, *On the presence of urea in the blood* (*Lond. med. gaz.*, 1833, t. XII, p. 703).

(10) RAYER, *Traité des mal. des reins*, 1839, t. I, p. 86.

(11) MARCHAND, *De l'existence de l'urée dans les parties de l'organisme animal autres que l'urine* (journal *l'Expérience*, 1839, t. II, p. 43).

L'urée fut signalée dans l'eau de l'amnios par Rees dès 1839 (1). Simon vérifia, vers la même époque, le fait signalé par Nysten, de sa présence dans le liquide des ascites (2) ; il en a aussi signalé dans divers autres liquides pathologiques (3). Dans un cas de diabète, où le malade rendait jusqu'à 8 litres d'urine, M. Chevallier n'a pu trouver d'urée, quoiqu'il la cherchât spécialement (4). Mais Barruel l'a trouvée pour le moins en aussi grande quantité que dans l'urine saine (5). M. Landerer dit ne l'avoir pas trouvée ; elle a été trouvée même dans la sueur qui imbibait de la flanelle portée depuis longtemps (6). Vogel en a trouvé dans le liquide de l'ascite (7). Dès 1819, M. Lassaigne a constaté la présence de l'urée dans l'urine de porc (8).

M. Persoz prétendait que l'urée qu'on obtient de l'urine se formait pendant l'évaporation de ce liquide, parce que, disait-il, l'urine qui a été concentrée par la congélation ne donne point de cristaux de nitrate d'urée, lorsqu'on la mélange avec de l'acide nitrique. Lecanu a démontré au contraire que l'urine fraîche, même sans être concentrée, donne des cristaux, si l'on y ajoute la moitié de son volume d'acide nitrique. Ensuite Morin avait dit qu'il se formait dans l'urine un corps particulier pendant la préparation de l'urée et aux dépens de ce corps. Lecanu a trouvé que cet *hydrochlorate d'urile* n'était autre qu'un mélange d'urée et d'hydrochlorate d'ammoniaque. Enfin Cap et Henry annonçaient qu'ils pouvaient obtenir de l'urine du *lactate d'urée* cristallisé, en mélangeant une solution de consistance de sirop avec de l'alcool absolu. Lecanu a trouvé que ces cristaux consistaient en sels inorganiques (9). On doit à M. Becquerel d'avoir montré que la quantité de l'urée diminue plus fréquemment dans les maladies qu'elle n'augmente (10), sans toutefois que cette diminution caractérise aucune maladie.

(1) Rees, *London medic. gaz.*, 1839, p. 462.

(2) Simon, *Analysen thierischer Flussigeiten* (*Handbuch der med. Chem.*, 1840, t. I, p. 521).

(3) Simon, *Analysen animalischer Subst. in Flussigkeiten* (*Arch. der Pharm.*, 1840, t. II, p. 35).

(4) Chevallier, *Essai sur l'urine des diabétiques* (*Journ. de chim. méd.*, 1829, t. V, p. 7).

(5) Barruel, *Analyse d'une urine remise par M. le doyen de la Faculté de médecine* (*Journ. de chim. méd.*, Paris, in-8°, 1829, t. V, p. 12).

(6) Landerer, *Découverte de l'urée dans la transpiration* (*Journ. de chim. méd.*, 1848, t. IV, p. 475).

(7) Vogel, *Anal. de la liq. provenant de la ponct. d'une hydropique* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1843, t. IV, p. 98).

(8) Lassaigne, *Anal. de l'urine du cochon domestique* (*Journ. de pharm.*, 1819, t. V, p. 174).

(9) Lecanu, *De l'état sous lequel existe l'urée dans l'urine* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1840, t. LXXIV, p. 98).

(10) Becquerel, *Séméiotique des urines*, in-8°. Paris, 1841, p. 35.

Schlossberger a trouvé de l'urée jusque dans le liquide des ventricules cérébraux chez un individu atteint d'albuminurie (1). C'est en 1845 aussi que parurent les recherches déjà citées de M. Boussingault, par lesquelles il précisa la quantité d'urée contenue dans l'urine de plusieurs herbivores (2). M. Lassaigne a trouvé de l'urée dans l'urine d'un fou qui ne prenait plus d'aliments depuis quinze jours (3). Ce fut en 1845 que Woehler en trouva dans l'eau de l'amnios de la femme (4). Pettenkoffer dit en avoir trouvé dans la salive (5). Reich (6) et Fonberg (7) disent que sa quantité diminue dans l'urine quand le sucre apparaît et augmente, ou *vice versâ*. Nous avons suffisamment fait connaître les résultats du travail de MM. Bernard et Barreswill (8), et de Woehler et Frerichs (9), pour ne pas être obligé d'y revenir.

En 1848, M. Millon a décrit un nouveau procédé de dosage de l'urée, et à son aide il a donné l'analyse de l'urine de divers animaux et de celle de l'homme dans diverses maladies. Mais on ne peut tenir compte des résultats ainsi obtenus. Ce procédé consiste en effet à décomposer l'urée en oxyde de carbone et azote à l'aide du nitrate de mercure. On recueille l'acide carbonique dans des tubes à potasse, et l'on arrive au poids de l'urée en multipliant par 1,371 le poids d'acide carbonique obtenu. M. Millon s'est assuré que les acides hippurique, lactique, oxalique, que l'albumine ne se décomposent pas (10) ; mais il ne tient pas compte de la créatinine et de la créatine de l'urine, qui sont attaquées par le gaz nitreux. En sorte que ce procédé, comme tous les procédés consistant à remplacer l'analyse immédiate par l'analyse médiate, est beaucoup trop grossier et trop brutal,

(1) Schlossberger, *Sur la diffus. de l'urée* (*Chemical gazette*, 1845, p. 302).

(2) Boussingault, *Rech. sur l'urine des herbiv.* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XV, p. 110).

(3) Lassaigne, *Ann. de phys. et de chim.*, 1845, t. XV, p. 97.

(4) Woehler, *Présence de l'urée dans les eaux de l'amnios* (*Arch. der Chem. und Pharm.*, 1846, t. LVIII, p. 98).

(5) Pettenkoffer, *Des sulfocyanures contenus dans la salive* (*Repertor. für die Pharm.*, 1847, t. LI, p. 289).

(6) Reich, *Anal. d'une urine diabétique* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. CI, p. 20).

(7) Fonberg, *Sur l'urine et le sang des diabétiques* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, t. LXVIII, p. 360).

(8) Bernard et Barreswill, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1847, t. XIII, p. 449).

(9) Woehler et Frerichs, *Modificat. que div. subst. éprouvent en passant dans l'urine* (*Journ. für prakt. Chem.*, 1848, t. LXIV, p. 60).

(10) Millon, *Mém. sur le dosage de l'urée* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1848, t. XXVI, p. 119. — *Annuaire de chimie*, Paris, 1848, p. 429).

si l'on peut ainsi dire, pour ce genre de recherches ; il peut bien donner avec beaucoup de précision la quantité d'azote ou d'acide carbonique que peuvent fournir plusieurs principes, mais il ne donne pas la quantité d'un principe isolé. M. Millon a constaté la présence de l'urée dans les humeurs vitrée et aqueuse de l'œil de bœuf (1), fait vérifié par Marchand et Woehler (2). Woehler a constaté en outre que l'urine des veaux de trois à quatre semaines est acide et renferme une assez grande quantité d'urée (3). Enfin nous avons déjà dit que M. J. Regnauld en avait trouvé dans l'eau de l'amnios de la femme (4). L'augmentation de quantité d'urée la plus forte que Sigmund (5) ait vue coïncidait avec la méningite, puis la pneumonie, la pleurésie, la phthisie et le rhumatisme articulaire aigu, pendant la période d'exsudation de la péricardite, tandis qu'elle diminue pendant la période de résorption. Dans le commencement de la fièvre typhoïde, on observe aussi une augmentation plus ou moins forte, mais jamais aussi considérable que dans les maladies ci-dessus. Elle diminue dans la cystite, les névroses chroniques, névralgies, hémiplégies, paraplégies, hydrohémie, anémie, la chlorose, les maladies chroniques du foie, les lésions organiques du cœur et dans quelques maladies de la peau.

L'urée a été figurée par M. Rayer ; il a aussi figuré diverses formes du nitrate d'urée (6). Ces figures, exactes au fond, ne sont pas bien exécutées. Vogel a donné aussi une figure du nitrate d'urée, mais fort incomplète (7). Harting le premier a figuré l'oxalate et le nitrate d'urée ainsi que l'urée elle-même, mais ces figures ont une médiocre valeur comme exécution (8). Bowmann a copié dans M. Donné (9), en la réduisant, la figure du nitrate d'urée, mais sans en indiquer la source. Il a aussi donné une figure de l'oxalate d'urée, mais elle est très mauvaise, comme la plupart des figures de ce manuel, à l'exception de celles qui sont copiées dans l'atlas de

(1) Millon, *Note sur la présence de l'urée dans l'humeur vitrée de l'œil* (*Annuaire de chimie*, Paris, 1848, p. 431).

(2) Marchand et Woehler, *loc. cit.* (*Annuaire de chimie*, par Millon et Reiset, in-8°, Paris, année 1849, p. 540).

(3) Woehler, *Sur la prés. de l'allantoïne dans l'urine de veau* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXX, p. 229).

(4) J. Regnauld, *Note sur le liquide amniotique de la femme* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1850, t. XXXI, p. 218).

(5) Sigmund, *Ergebnisse der Mikroskopish-Chemische Untersuchung des Harns von Kranken mit Harnrœhren Verengerungen* (*Archiv für phys. und pathol. Chem. und. Mikrosk.*, heft. Wien, 1852, t. I, p. 7).

(6) Rayer, *Maladies des reins*. Paris, 1839, in-8°, t. I, pl. IV.

(7) Vogel, *Anleitung zur Gebrauch des Microscopes*, in-8°. Leipzig, 1841.

(8) Harting, *Het Microskoop*, etc. Utrecht, 1848, t. III, pl. III, fig. 65, 66 et 67).

(9) J.-E. Bowmann, *A practical handbook of medical chemistry*, in-12. London, 1850, fig. 1, 2 et 26, p. 5, etc.

MM. Donné et Foucault (1). La figure du nitrate d'urée donnée par Golding Bird, sans être inexacte, est trop mauvaise pour pouvoir servir (2).

ARTICLE II.

CHLOROSODATE D'URÉE.

1118. — Corps formé par la combinaison de l'urée avec le chlorure de sodium et le chlorhydrate d'ammoniaque.

L'urée a la propriété de se combiner au sel marin dans la proportion de 1 équivalent d'urée pour 1 de chlorure et 2 équivalents d'eau. Elle forme aussi une combinaison analogue avec le chlorhydrate d'ammoniaque. Dans cette combinaison le chlorure de sodium cesse de cristalliser en cubes, pour prendre la forme de l'octaèdre régulier; le chlorhydrate d'ammoniaque, qui au contraire cristallise ordinairement en octaèdres réguliers, forme avec l'urée une combinaison qui cristallise en cubes. Si par la calcination on vient à détruire l'urée, chacun des sels ci-dessus revient à son mode habituel de cristallisation. On peut obtenir une grande quantité de ces cristaux en saturant l'urine de sel marin ou de chlorhydrate d'ammoniaque, ainsi que l'a reconnu autrefois, le premier, Mongez l'aîné. C'est la forme cubique prise par la combinaison de ce sel et d'urée qui a fait croire autrefois à Rouelle qu'il n'y avait pas de sel ammoniac dans l'urine, mais seulement du sel marin (3).

Il y a là une véritable combinaison chimique, constituant un nouveau composé, lequel cristallise en octaèdres du premier type, et non en cubes comme le sel marin, et *vice versâ* avec le sel ammoniac. Comme dans toutes les humeurs où l'on a trouvé de l'urée il existe aussi du sel marin, il est possible que non seulement ces deux corps existent à l'état libre, mais encore que le composé résultant de leur combinaison se forme dès qu'ils sont en présence l'un de l'autre.

Il est en effet impossible de séparer, par cristallisation, l'urée directement des humeurs où elle existe, comme l'urine, l'eau de l'amnios font qu'on trouve en même temps le corps dont nous parlons sous forme d'octaèdres volumineux (pl. XXI, fig. 1), souvent striés sur leurs faces d'une manière assez régulière. Ces cristaux ne colorent pas la lumière polarisée, quoique cependant l'urée jouisse de la propriété contraire. Il reste donc

(1) DONNÉ et FOUCAULT, *Atlas du cours de microscopie*, in-fol. Paris, 1845, pl. XII, fig. 45. C'est cette figure que nous reproduisons pl. XXX, fig. 6.

(2) GOLDING BIRD, *Urinary deposits, their diagnosis, pathology and therap. indications*, in-12. London, 1846, fig. 2, p. 3.

(3) FOURCROY et VAUQUELIN, *Extrait d'un mémoire sur l'histoire chimique et médicale de l'urine* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXI, p. 48 ; voir p. 66).

à faire des recherches spéciales dans le but de savoir si l'urée et le sel marin se combinent seulement pendant qu'on cherche à les extraire, ou si plutôt ils n'existent pas toujours à l'état de composé que nous décrivons. On n'a pu jusqu'à présent résoudre cette question, car le procédé par lequel on isole l'urée en le combinant à l'acide azotique décomposant la combinaison d'urée et de chlorure, ce n'est réellement pas le principe tel qu'il existe dans l'économie. Il se pourrait que quelques uns des cristaux octaédriques de sel marin venant du sang eussent réellement été dessinés d'après des cristaux du sel double d'urée et de chlorure de sodium et de chlorhydrate d'ammoniaque; ils se dissolvent alors en assez grande quantité dans l'éther et l'alcool, ce qui n'a pas lieu pour le sel marin. Nous avons dit, page 157, d'après Liebig (1), quelle était la part que prend cette combinaison à la constitution de la substance organisée.

CHAPITRE LVIII.

CYSTINE.

Synonymie : *Oxyde cystique*, *oxyde calculeux*, *oxyde vésical* (Wollaston et Marcet), *cystine* (Berzelius), *néphrine* (Venables), *scordosmine* (Civiale).

1119. — La cystine est un principe immédiat qui n'a encore été observé que sur l'homme et le chien. On ne l'a trouvée que dans la vessie et dans les reins, et encore seulement dans des conditions morbides. Cependant, il est probable que ce principe existe dans l'urine plus fréquemment qu'on ne pense; seulement il n'a pas été spécialement recherché. M. Civiale a vu que deux malades qu'il avait opérés six années auparavant pour des calculs cystineux étaient très bien portants, quoique leurs urines continssent encore de la cystine. C'est plus souvent dans les graviers et les calculs que dans l'urine qu'on a rencontré ce principe.

1120. — La cystine se présente quelquefois à l'état solide et cristallin dans l'économie. Ainsi, chez les deux frères de Plauta dont M. Civiale donne l'observation on a pu, à différentes reprises, observer que leurs urines déposaient de la cystine cristallisée. C'étaient des cristaux lamelleux hexagones, ordinairement réguliers (comme ceux de la pl. XXXIII, *c*, *c*, *c*),

(1) Liebig, *Nouv. lettres sur la chimie*, traduct. fr., 1852, in-18, p. 184.

la plupart isolés, et quelquefois réunis en groupes (*d*, *d*). Fréquemment plusieurs de ces hexagones ont trois côtés plus courts que les trois autres, ou deux plus petits que les quatre autres (*k*, *k*, *k*).

Les calculs de cystine peuvent prendre des formes très variables, mais les petits fragments qu'on peut en détacher, surtout, à la surface, portés sous le microscope, présentent encore l'aspect cristallin. Beaucoup de fragments sont amorphes, mais on en trouve toujours quelques uns sur lesquels la forme hexagone est encore reconnaissable (*a*, *a*, *a*). Ces petites masses sont elles-mêmes composées de lamelles extrêmement fines et nombreuses qui décomposent la lumière à la manière des lames minces. Ce n'est jamais que sur une partie de la surface des fragments qu'on aperçoit ces lamelles et leur forme hexagonale, l'autre partie est habituellement brisée irrégulièrement.

1121. — Les faits observés par M. Civiale (1) et ceux qu'il a rassemblés d'après les observations de plusieurs auteurs montrent que la cystine peut se rencontrer dans l'urine pendant de longues années, sans que la santé générale subisse d'altération. On n'a du reste jamais pu recueillir d'observation qui comprenne plus de cinq ou six années de la vie du même individu. Ce n'est que sur des enfants et des adultes qu'on l'a rencontrée, et pas chez des vieillards. Quand on a pu suivre les malades, tantôt on l'a trouvée d'une manière continue, tantôt elle disparaissait quelque temps pour reparaître ensuite. Le volume souvent considérable des calculs de cystine, et l'identité de composition qu'ils offrent dans toute leur épaisseur, montrent que cette substance peut être sécrétée pendant longtemps, sinon d'une manière uniforme, au moins sans prédominance d'autres principes peu solubles.

1122. — La quantité de cystine contenue dans l'urine n'a pas été précisée, mais elle peut exister en quantité variable. Comme elle est insoluble dans l'eau et seulement soluble

(1) Civiale, *Mém. sur les calculs de cystine* (*Traitement médical et préservatif de la pierre et de la gravelle*, Paris, 1840, in-8°, p. 418).

dans les liquides alcalins et acides, l'urine en contient peu; la substance se dépose à l'état cristallin. Les graviers et calculs qui en contiennent sont ordinairement formés uniquement par ce corps; quelquefois on y trouve d'autres principes, mais la cystine forme la plus grande partie de la masse et même du poids, quoiqu'elle soit très légère. Taylor en a trouvé 91 pour 100 dans un calcul vésical (1).

1123. — La cystine se rencontre ordinairement à l'état solide dans l'économie. Dès que la quantité de cystine sécrétée est plus considérable que celle que peut dissoudre ce liquide à l'aide des sels à base alcaline, il se dépose des cristaux de cette substance. Ils sont ensuite expulsés, ou bien ils forment des concrétions.

1124. — Les calculs formés de cette substance pure sont médiocrement durs; on les raie avec l'ongle. Ils s'écrasent dans la vessie par une pression modérée et cèdent facilement aux divers procédés de la lithotritie (Civiale). Ils ont un aspect cristallin; mais les cristaux sont accumulés d'une manière serrée et confuse. Cependant quelquefois ils semblent former des rayons plus ou moins manifestes autour d'un centre tout à fait homogène, compacte, plus terne et plus dense que le reste de la masse (Marcet). Cet aspect cristallin se fait remarquer facilement sur les cassures, ou même après l'action de la scie et de la lime, quand on a eu soin de laver. On voit alors briller de petites lamelles de forme indéterminée; si l'on porte sous le microscope les débris obtenus par la cassure, on trouve qu'ils sont formés de très fines lamelles superposées, décomposant quelquefois la lumière à la façon des lames minces. Ces fines lamelles ont dans quelques cas des dispositions très élégantes. Ainsi que nous l'avons dit, il est possible, sur quelques fragments ainsi formés de lamelles, de retrouver la forme générale des prismes à six pans qui caractérise les cristaux de ceptine obtenus à l'aide de la solution ammoniacale (voyez pl. XXXIII, *a*, *a*, *a*). Wilson fait observer

(1) Taylor, *Journ. fuer prakt. Chemie.*, von Erdmann, 1838, t. XIII, p. 435.

que, à part une plus grande compacité, la substance des calculs de cystine se rapproche un peu de l'aspect des calculs de phosphate ammoniaco-magnésien cristalloïdes (1). Quelquefois ils sont si compactes, que l'aspect cristallin disparaît presque tout à fait. M. Civiale en a vu d'un jaune-citron presque transparent, tirant sur la couleur d'ambre. Au moment où la pierre sort de la vessie, on aperçoit dans tout leur éclat les petits grains cristalloïdes, qui rendent la surface du calcul rugueuse; ils sont adhérents les uns aux autres et laissent entre eux des intervalles irréguliers.

Sur cinq individus atteints de calculs de cette espèce Marcet a toujours trouvé que la cystine était tout à fait pure dans des calculs de cystine; mais Prout a trouvé qu'un individu qui avait rejeté un calcul de cystine avait des urines troubles dont le dépôt était formé de cystine et de phosphate ammoniaco-magnésien. A la production de cette substance peut succéder celle de calculs ayant une autre composition, fait observé par Yelloly. Dans les cas observés par Marcet trois calculs ont été trouvés dans les reins (2); par conséquent, il ne faut pas prendre à la lettre le nom d'oxyde *cystique* donné par Wollaston au corps dont il s'agit, d'après ce fait seul qu'il fut trouvé d'abord dans la vessie. Quoique la cystine existe habituellement seule dans les concrétions, on l'a cependant trouvée accompagnée de phosphate de chaux, de phosphate ammoniaco-magnésien, d'oxalate de chaux. Dans le premier cas observé, il y eut récidive : c'était un enfant, le nouveau calcul contenait plus d'acide urique que de cystine. Yelloly a trouvé un calcul de cystine ayant un noyau d'acide urique, et Henry a observé un cas inverse : c'était la cystine qui formait le noyau. Venghauss a trouvé un peu d'albumine et de matière résineuse dans un calcul de cystine.

1125.—La cystine conserve dans l'urine, quand elle y est

(1) WILSON, *Lectures on the structure and physiology of the male urinary and genital organs of the humour body*, etc., in-8°. London, 1821, pl. III, p. 195.

(2) MARCET, *Essai sur l'histoire chimique des calculs*, etc., trad. franç. Paris, 1823, in-8°, p. 89, pl. VIII, fig. 2.

dissoute et dans les concrétions qu'elle forme, soit pure, soit mêlée à d'autres principes, toutes ses propriétés chimiques. Elle a pour caractère d'ordre organique de concourir à la formation de l'urine et encore seulement d'une manière accidentelle. L'insolubilité de la cystine dans l'eau, le peu d'acidité ou d'alcalinité des urines qui renferment de ce principe, montrent que celui-ci doit prendre peu de part à la constitution de ce liquide. Aussi on ne doit guère s'étonner de voir que les propriétés et caractères physiques de l'urine ne sont pas changés dans les cas où existent des calculs cystineux dans la vessie.

Dans un cas, l'analyse d'une urine faite sur le liquide recueilli au moment où M. Civiale allait opérer un calcul de cette espèce n'aurait même pas fait découvrir trace de ce principe, ce qui tient probablement à une étude trop peu minutieuse.

1126. — La cystine est sécrétée par les reins, car on a trouvé des graviers de cette substance dans le tissu de ces organes. De même que toutes les substances à peine solubles dans l'eau comme l'oxalate de chaux, la cystine se dépose dans le tissu rénal, et c'est là que se forment les graviers de cette espèce aussitôt après sa séparation du sang. Mais on ne sait pas si la cystine existait dans le sang, formée peut-être déjà dans quelque autre tissu pour être simplement éliminée par le parenchyme du rein, comme toutes les autres substances de l'urine, ou bien si elle est formée dans le sang même.

Quant aux conditions dans lesquelles se forme la cystine, et aux circonstances dans lesquelles elle apparaît dans l'urine, on ne sait encore rien. On a seulement observé que les malades auxquels on a enlevé des calculs de cystine avaient souffert de la gravelle cystineuse, ce qui indique que ce corps se formait depuis longtemps.

Cette production de cystine semble se rattacher à des conditions de constitution générale de l'organisme; on l'a en effet presque toujours vue se former sur plusieurs des membres d'une même famille. Les malades sur les calculs desquels Marcet a fait des observations étaient frères; Prout a

examiné le calcul d'un individu dont le frère jumeau souffrait de la pierre. M. Civiale cite M. Lenoir de Meaux comme ayant opéré deux enfants de la même famille atteints de calculs de cette espèce. Sur les quatre malades opérés par M. Civiale, deux étaient frères.

Ce principe doit, d'après tous les caractères précédents, être considéré comme excrémentitiel.

1127. — *Extraction et caractères chimiques.* On extrait la cystine des concrétions formées par cette substance, d'après le procédé suivant. Le calcul est dissous dans une solution de potasse, la solution filtrée est traitée par l'acide acétique. La cystine se précipite alors sous la forme de cristaux. Ou mieux encore on dissout le calcul dans l'ammoniaque, et on laisse évaporer la solution filtrée, et l'on obtient aussi de cette manière de la cystine pure.

L'examen des cristaux de cystine, surtout au microscope, et sa grande solubilité à la fois dans les acides et les alcalis, empêchent de la confondre avec d'autres substances. De plus, elle répand une odeur caractéristique phosphorée ou alliacée, lorsqu'on la décompose à la chaleur, ce qui la fait reconnaître tout de suite. Liebig a proposé le moyen suivant pour reconnaître la cystine. On traite la substance qu'on examine, par de l'oxyde de plomb dissous dans de la potasse caustique; en chauffant, il se précipite du sulfure de plomb qui indique la présence de la cystine: il faut s'assurer auparavant qu'on n'a pas affaire à une substance albumineuse qui puisse donner la même réaction.

Dans l'urine la cystine se dépose en petits cristaux lamelleux hexagonaux, déjà décrits page 526, et figurés (pl. XXXIII, *c*, *c*, *c*, *d*, *d*, *k*, *k*) d'après ceux que nous avons observés dans une urine envoyée à notre laboratoire pour être analysée, et sur laquelle il nous a été impossible d'obtenir de renseignements. Elle était neutre, sans mauvaise odeur, renfermait en même temps du pus, un peu de phosphate ammoniaco-magnésien, ainsi que de l'urate de soude en grande quantité. Ce dernier sel était, comme il est quelquefois, à l'état de grains sphéroïdaux (pl. XVIII, fig. 2) et de solides cristallins de configurations diverses (pl. XI, fig. 3). C'étaient des *cristaux en sablier* isolés ou groupés de mille manières et à extrémités plus ou moins renflées (*a*, *b*, *c*, *d*, *h*). Beaucoup, des plus gros surtout, avaient une ou deux de leurs extrémités aplaties (*l*, *m*, *n*) ou irrégulières, excavées et hérissées de petites pointes (*a*, *i*, *k*, *l*). Ces cristaux réunis formaient quelquefois des masses sphériques simples ou bilobées, de $0^{mm},015$ à $0^{mm},040$, à surface mamelonnée (*e*, *e*), ou hérissée de petites pointes (*f*, *u*); quelques masses semblent formées de deux *cristaux en sablier* réunis et soudés en croix (*o*, *g*). D'autres masses plus

volumineuses, souvent multilobées, à surface irrégulière, grenue (*r*, *q*, *t*) ou striée (*p*), étaient pour la plupart hérissées de prolongements, généralement aigus, *roides*, droits ou recourbés (*s*, *r*, *t*), qui donnent à ces amas un aspect bizarre. Quelquefois les pointes obtuses ou coupées carrément (*p*) semblent sortir de la masse, comme si leurs intervalles avaient été comblés par le dépôt de quelque autre corps (*p*, *r*). La couleur de ces groupes est un jaune rougeâtre plus ou moins foncé, ou tirant sur le brun ou la sépia. Ils se dissolvent dans l'acide acétique en déposant de l'acide urique, et laissent après eux une trame de substance organique, homogène ou grenue, insoluble dans l'acide acétique et conservant la forme des solides en sablier ou autres. Golding Bird (1), Frick (2) et Bennett (3) ont donné des figures de ces corps cristallins. Ce dernier les détermine, mais probablement à tort, comme urate d'ammoniaque. (Voyez p. 422 et 433.)

Caractères chimiques. La cystine est blanche, insipide, inodore, insoluble dans l'eau et l'alcool; soluble dans les alcalis, les acides sulfurique, nitrique et chlorhydrique. Chauffée, elle dégage des produits ammoniacaux et laisse un charbon spongieux. Elle donne aussi un gaz spontanément inflammable comme l'hydrogène phosphoré. Son odeur alliacée, lorsqu'on la jette sur des charbons incandescents, est tout à fait caractéristique, et ferait en quelque sorte croire à l'existence dans ce corps du phosphore plutôt qu'à celle du soufre. La formule qui représente sa composition est $C^6H^6O^4S^2Az$.

Les cristaux de cystine qui se déposent de la solution ammoniacale évaporée sont des prismes droits rhomboïdaux et rectangulaires, ou des formes dérivées. Ces formes et l'aspect des cristaux sont tout à fait caractéristiques. Les formes les plus nombreuses sont les prismes et les lamelles hexagones (pl. XXXIII, *b*, *b*, *b*, *l*, *l*, *l*, *d*, *d*, *k*, *k*). Les prismes sont pour la plupart peu épais (*l*, *l*). Les lamelles sont très minces, souvent très petites (*c*); souvent deux ou trois des côtés homologues sont plus petits que les autres côtés (*k*, *k*). Les prismes offrent souvent la même particularité (*e*, *g*); presque toujours on trouve des lames ou des prismes plus petits, adhérents et surchargeant les faces les plus larges des prismes (*e*, *g*, *h*, *i*). Quelquefois ce sont des lamelles très minces, souvent irrégulières, qui sont disposées de la sorte (*f*). Les cristaux et les lamelles sont assez souvent réunis en groupes plus ou moins considérables par leurs arêtes ou leurs faces verticales, qui sont les plus petits (*d*, *d*, *h*).

Plus fréquemment encore ils sont réunis et groupés en tout sens, de

(1) Golding Bird, *Lectures on the physiol. and pathol. characters of urinary deposits*, in-12. London, 1843.

(2) Frick, *Renal affections*. Philadelphia, in-8°, 1850, p. 64, fig. 3.

(3) J. Hugues Bennett, *Lectures on clinical medicine*, in-8°. Edinburgh, 1851, p. 221, fig. 98.

manière à constituer des masses sphéroïdales, qui elles-mêmes sont rarement isolées, mais adhérentes les unes aux autres (*o*, *s*, *u*). Ce sont rarement les plus gros prismes hexagones qui se disposent ainsi, mais seulement les plus petits ou ceux de moyen volume. Avec les formes dérivées que nous venons de décrire, on trouve cependant un certain nombre de prismes aplatis, à base rhomboïdale, sur lesquels le décroissement sur les angles est peu prononcé et ne modifie pas la forme (*p*) d'une manière très notable. On trouve aussi des prismes droits et des lames rectangulaires (*g*, *g*), soit isolés, soit groupés de diverses manières (*t*, *q*, *r*, *m*, *n*, *x*). Presque toujours ces prismes ont, vers une de leurs extrémités, les faces creusées de petites stries en long (*n*, *n*, *x*) ; souvent aussi une ou les deux extrémités de chaque prisme sont plus amincies que le milieu (*g*). On trouve beaucoup de ces prismes qui sont plus petits que les autres, dont les arêtes sont moins nettes et les extrémités un peu plus minces que le milieu du prisme, et qui ressemblent à de petits bâtonnets (*t*, *m*). Quelques uns d'entre eux sont habituellement compris dans les diverses sortes de groupes des prismes à six pans (*o*, *u*).

Il faut à ces caractères de forme en ajouter un autre qui achève de caractériser la cystine et permet de la distinguer facilement des autres principes : nous voulons parler de la grande transparence des faces des cristaux que la lumière renvoyée par le miroir du microscope traverse directement. Mais elle est tout à fait éteinte par les faces sur lesquelles elle tombe obliquement. Aussi celles-ci paraissent très noires, foncées ; ce qui se voit surtout sur les prismes épais, ou sur ceux qui sont à six pans et qu'on voit par leurs petites faces, ou mieux sur les groupes de ceux-ci (pl. XXXIV, fig. 1, *c*, et pl. XXXIII, *l*, *l*, *l*, *i*, *i*, *e*). Il faut noter aussi la netteté des arêtes de ces cristaux. Vus par réflexion et réunis en masse dans un liquide, tous ces cristaux sont blancs. Ils colorent la lumière polarisée.

Dissoute dans l'acide nitrique faible, la cystine cristallise par évaporation du liquide. Il paraît que ce n'est plus de la cystine pure qui se dépose, mais bien une véritable combinaison de cystine et d'acide nitrique ; tandis qu'elle se dépose pure de la solution ammoniacale. Elle donne un composé analogue avec l'acide chlorhydrique. Les cristaux du composé nitrique sont des lames rhomboïdales plus ou moins allongées (pl. XXXIV, fig. 1, *c*, *c*, *c*), soit isolées, soit groupées. On trouve aussi des prismes minces de même forme (*d*) ou rectangulaires, qui sont généralement réunies en groupes, en rosaces, souvent volumineux (*b*). Parmi ces cristaux se trouvent des lames losangiques dont deux des angles opposés présentent des décroissements plus ou moins considérables qui en font des lames à hexagones (*i*, *i*). Les formes les plus abondantes sont des aiguilles très minces et très allongées, soit isolées (*e*, *e*, *e*), soit réunies en masse par implantation sur un amas de substance amorphe (*a*, *a*, *a*, *h*, *g*). D'autres fois elles sont simplement entrecroisées de manière à former aussi une masse

sphéroïdale, mais plus petite et plus régulière (*m*). Il y a souvent des lames mêlées aux groupes d'aiguilles (*n*). Enfin, quand on n'emploie qu'une goutte de cette solution, desséchée sur une plaque de verre, ou si l'on prend les cristaux de la périphérie du liquide, on ne trouve que de longues aiguilles d'une extrême finesse terminées en pointe (*l*), ou très courtes, et disposées en arborisations et dendrites présentant des dispositions très variées (*k*).

1128. — *Historique*. La cystine fut découverte en 1805 par Wollaston (1) dans un calcul du canal de l'urètre d'un enfant. Il en donna exactement les caractères physiques et chimiques ; il l'appela *oxyde calculeux, oxyde cystique* (*cystic oxyde*). Marcet reconnut ensuite qu'on en trouve dans les reins, et compléta la description extérieure des calculs qui en sont formés, celle de leur structure, etc. (2). Prout analysa aussi des calculs formés de cette substance ; il constata le premier que quelquefois l'urine en laisse déposer à l'état cristallin pulvérulent (3). Wilson en observa vers la même époque, et signala ce fait, que quelques uns ont un peu l'aspect du phosphate ammoniaco-magnésien (4). D'autres auteurs en ont également observé : tels sont Robert qui les avait reçus à Rouen de M. Flaubert (5), Brandes qui en a trouvé dans les reins (6), et Berzelius. Ce dernier a insisté sur son odeur et sur le moyen de le distinguer, à l'aide du chalumeau, des autres substances constituant les calculs urinaires (7). M. Lassaigne (8) dit avoir trouvé de la cystine dans un calcul urinaire de chien ; mais la composition élémentaire qu'il en donne diffère tellement de celle qu'ont donnée les autres chimistes, qu'il est à douter que ce fût bien de la cystine. Strohmeyer a vu, comme Prout, des individus atteints de calculs cystineux dont les urines laissaient déposer de la cys-

(1) Wollaston, *Philosoph. transact.*, 1808. — *De l'oxyde cystique, nouvelle espèce de calcul* (*Ann. de chim.*, 1810, t. LXXVI, p. 21).

(2) Marcet, *Essai sur l'hist. chimique des calculs et sur le traitement médical des affections calculeuses*, 2e édit., in-8°. Trad. franç. par Riffault, in-8°, Paris, 1823, p. 89, pl. VIII, fig. 2.

(3) Prout, *An inquiry into the nat. and treatment of gravel, calculus*, etc., in-8°, 1821, p. 167.

(4) Wilson, *Lectures on the structure and physiology, of the male urinary and genital organs of the body*, etc., in-8°. London, 1821, pl. III, p. 195.

(5) Robert, *Essai d'anal. de plus. concrét. provenant des intestins et de la vessie. — Exam. chimiq. de quelques calculs d'oxyde cystique* (*Journ. de pharm.*, 1821, t. VII, p. 165-172).

(6) Brandes, *Manuel de chimie*, trad. franç., in-8°. Paris, 1821.

(7) Berzelius, *De l'emploi du chalumeau pour reconnaître les calculs urinaires* (extrait dans *Journ. de pharm.*, 1822, t. VIII, p. 422).

(8) Lassaigne, *Observat. sur l'exist. de l'oxyde cystique dans un calcul vésical de chien, et essai analytique sur la composit. élément. de cette subst. particulière* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1823, t. XXIII, p. 328).

tine (1). Plus tard, Berzelius reconnut que l'oxyde cystique n'était pas un oxyde, et il lui donna le nom de *cystine*, qui a été conservé depuis, malgré les tentatives faites pour changer ce nom (2).

M. Magendie a observé le premier des graviers (3), rendus par l'urètre, formés de cystine pure. Yelloly a trouvé, sur un enfant de quatre ans, un calcul urinaire dont le noyau était de l'acide urique (4). Bley a trouvé un calcul dans lequel la cystine était unie au carbonate de magnésie (5). M. Henry a analysé un calcul dont le noyau était de la cystine et l'extérieur était de l'acide urique (6). Taylor a trouvé deux calculs de cystine pure dans une collection de 129 concrétions urinaires (7). M. Civiale a trouvé des graviers formés de cystine de volume variable et un calcul du volume d'un œuf de poule (8). Il a rassemblé les faits qui montrent que très fréquemment plusieurs individus de la même famille ont des calculs cystineux (9). M. Ségalas a trouvé un calcul dans lequel se trouvait du phosphate de chaux uni à la cystine (10). M. Mandl a décrit la forme des cristaux d'un dépôt urinaire cystineux, observé par M. Civiale (11). M. Civiale a rassemblé tous les faits relatifs à l'histoire de la cystine (12), et, parce qu'elle ne se forme pas dans la vessie, il propose de remplacer le nom de *cystine* par celui de *scordosmine*. Il repousse le nom de *néphrine* proposé par M. Venables (13), parce qu'il n'est pas sûr que la cystine se forme dans le rein. Il cite Neill, qui a observé le cas d'une femme de cinquante ans qui rendit 13 calculs cystineux par une ouverture fistuleuse placée entre l'ombilic et le pubis (14). Rabenhorst

(1) Strohmeyer, *Ann. de phys. et de chim.*, 1824, t. XXVII, p. 221.

(2) Berzelius, *Traité de chimie*, trad. franc., 1828, t. VII.

(3) Magendie, *Rech. physiol. et médic. sur les causes, les sympt. et le traitement de la gravelle*, etc., 2[e] édit., in-8°. Paris, 1828.

(4) Yelloli, *Philosoph. transact.*, 1829, p. 631.

(5) Bley, *Chemische Untersuchung zweier Harnsteine* (*Buchner's Repert.*, 1835, t. LII, p. 165).

(6) Henry, *Calculs de cystine pure* (*Journ. de pharm.*, 1836, t. XXII, p. 71).

(7) Taylor, *Lond. and Edinb. philos. magaz.*, 1838; et *London medical gazette*, 1838, t. XXII, p. 189.

(8) Civiale, *Traité de l'affection calculeuse*. Paris, 1838, in-8°, p. 4 et pl. III.

(9) Civiale, *Mém. sur les calculs de cystine* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1838, t. VI, p. 897).

(10) Ségalas, *Essai sur la gravelle et la pierre*, 2[e] édit., in-8°. Paris, 1838, et atlas, pl. II.

(11) Mandl, *Journ. de chim. méd.*, Paris, in-8°, 1838, p. 355.

(12) Civiale, *Mém. sur les calculs de cystine*, dans son ouvrage *Du traitement médical et préservatif de la pierre*, in-8°. Paris, 1840, p. 414.

(13) Venables dans Civiale, *loc. cit.*, 1840, p. 414.

(14) Neill dans Civiale, *loc. cit.*, 1840, p. 414.

a trouvé 2,30 pour 100 de cystine dans un calcul urinaire humain. Le reste était 1,02 d'oxyde de fer ; 21,62 pour 100 de carbonate de chaux et 67,43 de sous-phosphate calcaire (1). B. Jones a trouvé un calcul de cystine dans le rein d'un individu atteint d'hématurie abondante. L'urine du sujet était acide (2). Golding Bird a trouvé comme Prout de la cystine qui se déposait dans l'urine après l'émission de ce liquide, et l'a figurée, mais assez mal (3). Enfin Venghauss a trouvé un calcul formé de cystine avec un peu d'albumine et de matière résineuse (4). La cystine a été exactement figurée pour la première fois par M. Donné (5), d'après la cristallisation par solution dans l'acide nitrique, puis par M. Mandl (6), d'après la cristallisation dans les solutions ammoniacales ; cette figure est grossière, quoique assez exacte pour la plupart des formes. M. Rayer a le premier donné de bonnes figures de ces cristaux à six pans obtenus par évaporation de la solution ammoniacale (7). Harting en a aussi donné une figure assez bonne, mais incomplète quant aux diverses formes (8). Frick (9) a reproduit deux figures de la cystine représentée par Golding Bird. Bennett en a figuré d'après des cristaux déposés dans l'urine (10).

CHAPITRE LIX.

ALLANTOÏNE.

Synonymie : *Acide amniotique* (Vauquelin et Buniva), *acide amnique* (Fourcroy), *acide allantoïque* (Lassaigne), *allantoïne* (Woehler et Liebig), *allantoïdine* (auteurs divers). $C^8H^6Az^4O^3$, ou $C^8H^5Az^4O^5 + HO$, ou $C^4H^3Az^2O^3$.

1129. — L'allantoïne n'a encore été trouvée que dans l'eau de l'allantoïde de la vache. Cependant Woehler dit l'avoir trouvée dans l'urine de veau, d'où elle disparaîtrait dès que ces animaux commencent à prendre une nourriture végétale.

(1) Rabenhorst, *Arch. der Pharm.*, 1843, t. XXXIII, p. 145.

(2) Bence Jones, *Cystic oxyde calculus* (*The Lancett*, in-4°, London, 1850, t. I, p. 630).

(3) Golding Bird, *Lectures on the physiol. and pathol. characters of urinary deposits*, in-12. London, 1843.

(4) Venghauss, *Analyse d'un calcul cystineux* (*Arch. der Pharm.*, 1847, t. XCIX, p. 38).

(5) Donné, *Tableau des sédiments des urines*, in-fol., 1838.

(6) Mandl, *loc. cit.*, 1838.

(7) Rayer, *Traité des malad. des reins*, 1839, t. I, pl. II, fig. 6.

(8) Harting, *Het Microskoop*, etc. Utrecht, 1838, vol. III, pl. III, fig. 73.

(9) Frick, *Renal affections*, in-8°. Philadelphia, 1850, p. 64, fig. 3, nos 9 et 10.

(10) H. Bennett, *Lectures on clinical medicine*. Edinburgh, 1851, in-8°, p. 222, fig. 101.

L'existence de ce principe est par conséquent temporaire. Commençant à apparaître dans l'économie animale probablement lors de la formation de l'allantoïde, il disparaîtrait à l'époque où cesse la nourriture purement lactée.

1130. —On n'a pu savoir encore quelle était la proportion de ce principe dans les liquides de l'économie qui en contiennent. Il est toujours à l'état liquide, par dissolution directe dans l'eau des humeurs qu'il concourt à former. Comme il est plus soluble dans les alcalis et carbonates alcalins que dans l'eau, il est possible que les sels de l'eau allantoïdienne en facilitent la dissolution.

1131.— Le lieu et le mode de sa formation sont complétement ignorés. Il est rejeté en même temps que l'eau allantoïdienne et en même temps que les urines, lorsque celle du veau en contient. L'allantoïne est un principe purement excrémentitiel.

1132. — *Extraction et caractères chimiques.* L'allantoïne cristallise en prismes droits à base rectangulaire ou rhomboïdale; ils sont aplatis, et les faces latérales sont souvent remplacées par un biseau. Ces prismes sont fréquemment allongés en aiguilles volumineuses, terminées en pointe par suite d'un décroissement sur les angles. Assez souvent deux prismes aplatis ou d'inégale longueur forment un solide qui présente un angle droit rentrant; fréquemment aussi les prismes allongés ou aiguilles sont groupés, adhérents par une extrémité, et s'écartent en éventail. La base du groupe est ordinairement chargée de très petits prismes. Ces cristaux sont blancs, d'un éclat vitreux par réflexion, à surface souvent rugueuse lorsqu'on les examine au microscope. L'allantoïne est insipide, ne rougit pas le tournesol, se dissout dans 160 parties d'eau froide et dans les alcalis; mais elle cristallise sans altération dans ces dissolutions. Les liqueurs alcalines bouillantes la décomposent en acide oxalique et ammoniaque.

Pour l'extraire des eaux de l'allantoïde de la vache ou de l'urine de veau, on évapore le liquide au bain-marie jusqu'à consistance de sirop; on laisse la liqueur en repos pendant quelques jours. L'allantoïne cristallise alors mélangée à des sels; en remuant la masse avec de l'eau froide et décantant, la plus grande partie des substances floconneuses en suspension dans le liquide sont ainsi éliminées, tandis que les cristaux d'allantoïne et de phosphate de magnésie se déposent rapidement au fond du vase. L'eau bouillante dissout l'allantoïne seule; décolorée par le noir animal, la solution est évaporée jusqu'à cristallisation. Comme beaucoup d'autres

corps, celui-ci cristallise d'une manière différente suivant les conditions où il se trouve, fait que M. Nicklès attribue à l'intervention d'une substance étrangère (1). Mais nous avons vu que les mêmes substances pures peuvent présenter ces mêmes variétés, selon qu'elles cristallisent dans l'eau, l'alcool ou l'éther : telle est la créatinine. L'allantoïne de l'urine de veau, d'après Woehler, cristallise différemment dans l'urine et dans le liquide allantoïdien, c'est-à-dire que les prismes à base rhomboïdale dominent dans ce dernier liquide et ceux à base rectangle dans l'urine et dans l'allantoïne artificielle ; cependant on peut reconnaître que les cristaux dérivent du même type. Si l'on combine l'allantoïde de l'urine à l'oxyde d'argent et qu'on la sépare de nouveau, les cristaux prennent la forme propre à l'allantoïne.

Nous avons écrit *allantoïne allantoïdienne* où les auteurs écrivent *allantoïne amniotique.* Il est probable en effet que les chimistes ont commis l'erreur déjà commise par Buniva et Vauquelin ; c'est-à-dire qu'ils ont trouvé de l'allantoïne dans l'eau de l'amnios, parce que dans l'extraction le liquide allantoïdien avait été mêlé à celle-ci, d'où l'expression erronée *allantoïne amniotique.* Toutefois s'il en existe dans l'urine de veau ainsi que l'indique Woehler, il peut en exister aussi dans l'eau de l'amnios.

1133.— *Historique.* L'allantoïne a été découverte par Buniva et Vauquelin (2). Ils l'appelèrent *acide amniotique*, parce qu'ils croyaient analyser *l'eau de l'amnios pure.* Fourcroy l'appelle *acide amnique* (3). M. Lassaigne a montré depuis que l'eau de l'amnios n'en contient pas, tandis que celle de l'allantoïne en contient (4). Il pense par conséquent que Buniva et Vauquelin auront agi sur un mélange des deux liquides, ce qui paraît fort probable, lorsqu'on songe à la facilité avec laquelle ils peuvent être mélangés quand on les extrait sans avoir une notion exacte des rapports anatomiques des deux membranes. M. Lassaigne lui donne en conséquence le nom d'*acide allantoïque ;* mais ce n'est pas Buniva et Vauquelin qui lui ont donné ce nom, ce que pourtant disent quelques chimistes. M. Lassaigne a dans le même travail montré que l'eau allantoïdienne de la jument ne contient pas d'allantoïne. Woehler et Liebig (5), ayant remarqué

(1) Nicklès, *Annuaire de chimie* de Millon et Reiset. Paris, année 1849, in-8°, p. 207.

(2) Buniva et Vauquelin, *Mém. sur l'eau de l'amnios de femme et de vache* (*Ann. de chim.*, 1799, t. XXXIII, p. 269).

(3) Fourcroy, *Syst. des conn. chimiques*, in-8°. Paris, an IX, t. X, p. 84.

(4) Lassaigne, *Nouvelles recherches sur la composition des eaux de l'allantoïde et de l'amnios de la vache* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1821, t. XVII, p. 295).

(5) Woehler et Liebig, *Annalen der Physik und Chemie*, 1831, t. XXXI, p. 361.

que l'allantoïne ne rougit pas le tournesol, et qu'elle cristallise dans les alcalis qui la dissolvent sans se combiner avec eux, ont changé le nom d'*acide allantoïque* en celui d'*allantoïne*, qui a toujours été adopté depuis lors. D'après Woehler, l'urine du fœtus est tout à fait semblable au liquide amniotique, et chez le veau elle contient comme celui-ci de l'allantoïne (1). Cette substance cristallise en même temps que le phosphate de magnésie et l'urate de cette base. On la sépare en reprenant par l'eau, purifiant par le charbon et faisant cristalliser de nouveau; mais on empêche aux sels minéraux de se déposer en ajoutant un peu d'acide chlorhydrique au liquide.

TROISIÈME TRIBU

DE LA DEUXIÈME CLASSE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

SUCRES OU PRINCIPES NEUTRES NON AZOTÉS.

Synonymie : *Matières sucrées, matières animales sucrées, principes sucrés.*

1134. — On donne ce nom à tous les principes de la deuxième classe qui sont des *corps brûlant avec flamme en répandant l'odeur de caramel, solubles dans l'eau, et jouissant de la propriété de se convertir, au contact des matières azotées et des ferments, en acide lactique, ou en alcool et acide carbonique, suivant les conditions diverses dans lesquelles on les place.*

1135. — On en compte deux espèces chez les animaux, le sucre du foie ou de diabète, et le sucre de lait. Il y en a plusieurs espèces chez les végétaux. Le sucre de raisin est, au point de vue de l'analyse élémentaire, identique avec celui du foie.

CHAPITRE LX.

SUCRE DU FOIE.

Synonymie : *Sucre de diabète, sucre urinaire, sucre des urines, sucre de raisin, sucre de la deuxième espèce, glucose.*

1136. — Ce principe existe à l'état normal dans le parenchyme du foie, dans le sang des veines sus-hépatiques, dans

(1) Woehler, *Sur la présence de l'allantoïne dans l'urine de veau* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1849, t. LXX, p. 229). — *Nachrichten der K. Gesellchaft der Wiss.* zu Gœttingen, 1839, vol. V, p. 61-64.

celui de la portion de la veine cave qui est au-dessus de lui, dans le sang du cœur droit et les artères pulmonaires. Chez les animaux à jeun, on ne trouve pas ou presque pas de sucre dans le sang des veines pulmonaires, du cœur gauche ou au moins de l'aorte ou de ses branches, et pas dans les veines générales. Pendant la digestion on en trouve partout où il y en a à jeun, mais davantage; on en trouve de plus un peu dans les artères et même quelquefois dans les veines générales. On n'en trouve dans la veine porte que dans ce cas-ci où il y en a un peu, et dans celui où il en a été introduit avec les aliments; mais à part ces circonstances bien déterminées, il n'y en a pas là, tandis qu'il y en a dans les veines sus-hépatiques. On ne trouve jamais de sucre dans la bile à l'état normal.

1137. — On en trouve depuis le quatrième ou le cinquième mois de la vie intra-utérine jusqu'à l'âge le plus avancé. De plus l'urine du fœtus pendant la vie intra-utérine contient normalement du glucose et se montre avec tous les caractères des urines diabétiques. On en trouve sur des fœtus de vache de quatre à sept mois, et sur ceux de brebis de six semaines à deux mois. Il existe en même temps du sucre dans les liquides de l'amnios et de l'allantoïde de vache, de brebis et de truie. Seulement il peut y manquer dans les dernières semaines de la vie intra-utérine. Ainsi, sur des fœtus de vache de six mois et demi ou sept mois, M. Cl. Bernard n'a point trouvé de sucre dans les liquides de l'amnios et de l'allantoïde, bien qu'il y en eût cependant dans l'urine des mêmes fœtus (1).

Il est des conditions morbides dans lesquelles on trouve du glucose dans des régions du corps qui n'en renferment pas habituellement; il y en a d'autres dans lesquelles on ne rencontre pas de sucre dans les parties du corps qui en contiennent à l'état normal.

1° L'affection connue sous le nom de diabète est caracté-

(1) Cl. Bernard, *Note sur la présence du sucre dans l'urine du fœtus et dans les liquides amniotique et allantoïdien* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, Paris, 1850, t. II, p. 174).

risée anatomo-pathologiquement par la présence d'une grande quantité de glucose dans l'urine. On en trouve alors aussi dans la salive, dans le rein, dans la sérosité du péricarde, dans le sperme même, ainsi que l'a vu M. Cl. Bernard sur un chien rendu diabétique. Il n'y en a pas dans le système nerveux central, ni dans le pancréas, ni dans la rate (1). Il y en a également alors dans la sérosité des vésicatoires (2), dans les matières vomies (3). Il a été trouvé dans la sueur acide et sucrée d'un individu qui avait été traité pour la glucosurie (4).

2° Il existe un grand nombre de maladies dans lesquelles le sucre disparaît et ne se retrouve plus dans le foie après la mort. On sait que chez les diabétiques le sucre disparaît des urines dans les derniers temps de la vie; il disparaît quelquefois également du foie. Chez les animaux affaiblis par une très longue abstinence, devenus malades ou morts de maladie, le sucre diminue considérablement ou même disparaît tout à fait (5).

1138. — On voit, d'après ce qui précède, que la durée de la présence du sucre dans l'économie est très longue; il commence à apparaître vers les premiers mois de la vie intra-utérine et persiste dans le foie jusqu'à la mort ou à peu près. Il est possible, du reste, d'après ce qu'on vient de voir, que certaines maladies le fassent disparaître temporairement et qu'ainsi son existence dans l'économie ne soit pas d'une durée continue depuis le moment de son apparition jusqu'à celui de la mort.

(1) Cl. Bernard, *Autopsie d'un diabétique* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, Paris, 1849, in-8°, p. 80).

(2) Wurtz, *Présence du glucose dans la sérosité d'un vésicatoire posé à un diabétique* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1850, p. 4).

(3) Cl. Bernard, *Présence du sucre dans les matières vomies par un diabétique* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°. Paris, 1849, p. 4).

(4) Landerer, *Sucre dans la sueur d'un malade* (*Arch. der Pharm.*, 1846, t. XCV, p 69).

(5) Cl. Bernard, *De l'origine du sucre dans l'économie animale* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, Paris, 1849, in-8°, p. 121; et *Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVIII, p. 303).

1139. — La quantité de sucre dans le foie et dans le sang n'a jamais pu être déterminée en chiffres ; mais on peut la déterminer approximativement d'après la quantité de tartrate de potasse et de cuivre réduite par une même quantité de liquide. C'est ainsi qu'on peut constater que la proportion du sucre est très considérable chez les oiseaux, l'homme, le chien, le bœuf, le porc, le cheval, le lapin ; elle est beaucoup moindre chez les reptiles, et il n'y en a pas dans le foie de l'Anguille et de la Raie (1).

C'est encore ainsi que l'on peut s'assurer que la quantité de sucre diminue dans le sang à partir des veines sus-hépatiques, en suivant le sang dans son trajet au travers du poumon, du cœur et des artères ; parce que, vu sa production abondante, tout n'étant pas encore détruit lorsque le sang arrive au cœur, ce liquide en renferme de moins en moins à mesure qu'on s'éloigne du lieu de production.

Dans l'urine on a trouvé les quantités suivantes de sucre :

Urine (Rayer)...........	100 p. 1000.	
— (Mialhe)...........	62 —	
— (Bouchardat).	de 33 à 134 —	
— (Simon).....	de 25 à 39,80 —	
— (2).........	45 grammes par litre.	
Urine d'un diabétique (3)............	1032	43 p. 1000.
Urine d'un diabétique âgé de 14 ans (4).	1023	46 p. 100.
	1008	32 —
Sang du même.....................	0gr.,025 p. 72gr.,69	

M. Morin (5), comparant la quantité d'urée à celle de sucre dans 1000 parties d'urine, a obtenu les résultats suivants :

(1) Cl. Bernard, *De l'origine du sucre* (*loc. cit.*, 1848 et 1849, p. 133).

(2) Mialhe et Contour, *Observation d'un cas de diabète sucré traité et guéri par l'emploi des alcalis et des sudorifiques* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1844, t. XIX, p. 111).

(3) Reich, *Arch. der Pharm.*, 1847, t. CI, p. 20.

(4) Fonberg, *Ann. der Chem. und Pharm.*, 1847, t. LXIII, p. 360.

(5) Morin, *Observ. sur la constit. des urines* (*Journ. de pharm. et de chim.*, 1843, t. III, p. 354).

		Pesant. spécif.	Sucre. Grammes.	Urée. Grammes.
1[er] cas.	Novembre...	»	21 à 24	5,4
	Décembre...	1025	17	8,7
	Juin........	1026	00	10,6
	Décembre...	1034	26	0,5
2[e] cas.	Novembre...	1040	37	1,27
	Janvier.....	1027	13,5	3,64
	Mars.......	1038	traces.	3,32
	Août.......	1022	0,16	7,07
3[e] cas.	Juillet......	1039	5,75	13,86
	Août.......	1037	47,00	19,31
4[e] cas.	Février.....	1027	45,00	0,25

1140. — Le glucose est dans le sang à l'état liquide par dissolution directe dans l'eau.

Il conserve dans l'économie les propriétés optiques qu'il a au dehors ; c'est-à-dire que dans l'urine il peut dévier le plan de polarisation à droite (voy. t. I[er], § 410, p. 432) ; caractère qui peut être mis à profit pour reconnaître le sucre lorsqu'il existe dans un liquide de l'économie. Il suffit pour cela d'opérer de la manière que nous avons indiquée tome I[er], p. 427.

1141. — Le sucre du foie présente dans l'économie comme au dehors, au contact des agents chimiques, les réactions qui lui sont propres. Les substances organiques agissent sur lui dans le sang, dans le foie, dans l'urine, dans la sérosité du péricarde, etc., comme hors de l'organisme, c'est-à-dire qu'elles lui font subir rapidement la catalyse lactique. En vingt-quatre heures, et même moins, le sucre qui existait disparaît et le liquide devient acide lorsqu'il était neutre ou alcalin (1).

Si l'on ajoute du ferment à du sang, de l'urine, etc., qui contiennent du sucre, la fermentation s'y établit comme au dehors, et il se forme de l'acide carbonique qui se dégage, et de l'alcool.

Le sucre se combine dans l'économie comme au dehors avec les sels. La plus importante de ces combinaisons est celle qu'il peut former avec le sel marin. Du reste, il est à noter que dans l'urine il n'y a jamais qu'une petite quantité

(1) Cl. Bernard, *Autopsie d'un diabétique* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1849, p. 80). — *Sur l'origine du sucre* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVIII).

de sucre qui se combine au sel marin, car cette combinaison est dépourvue de la saveur du glucose ; or l'urine reste sucrée. Cette absence de saveur avait fait admettre dans les cas de diabète deux sortes de sucre, l'un *sapide* et l'autre *insipide*, existant toujours en petite quantité. C'est celui-ci qui, ainsi que nous le verrons, a été reconnu depuis, comme n'étant autre chose que les combinaisons de sucre et de chlorure de sodium dont nous parlons. Liebig pense que cette combinaison du sel marin avec le sucre du foie exerce quelque influence sur sa sécrétion par les reins (1) ; ce fait est possible et en rapport avec cet autre observé par M. Cl. Bernard, que ce n'est qu'au delà d'un certain degré de saturation du sang par le sucre, que ce dernier principe passe dans l'urine : chez un chien, par exemple, il en faut injecter 2 grammes 1/2 avant qu'il y ait glucosurie.

1142. — Le sucre conserve également dans l'économie ses caractères de saveur : sa quantité dans le foie est assez grande pour qu'on doive rapporter, avec M. Cl. Bernard, la saveur douceâtre un peu sucrée du foie à la présence de ce principe ; d'autant plus que chez les poissons dont le foie manque de ce principe, l'amertume de l'organe est, comme on sait, très grande.

Il importe de noter les faits suivants. Bien que le sucre de diabète ou du foie ait la même composition élémentaire que celui de raisin, il n'a pourtant pas les mêmes caractères organoleptiques internes. (Voy. t. Ier, § 165, p. 184.) C'est ainsi que ce sucre injecté dans le sang y passe à un autre état spécifique 7 à 8 fois plus facilement que le sucre d'amidon, ou glucose fabriqué artificiellement (2). Il faut, en un mot, en injecter 7 à 8 fois plus dans les vaisseaux avant qu'on en retrouve dans les urines. Le glucose d'amidon ou artificiel, au contraire, n'est pas détruit aussi facilement, ne passe pas avec autant de facilité à un autre état spécifique (celui d'acide lac-

(1) Liebig, *Nouvelles lettres sur la chimie*, in-18, trad. franç. Paris, 1852, p. 184.

(2) Cl. Bernard, *De l'assimilation du sucre de canne* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1849, p. 114).

tique très probablement, ainsi que nous le verrons plus loin) ; en sorte que bien qu'il ne passe pas tout dans les urines, comme le sucre de canne injecté dans le sang veineux, il faut néanmoins en injecter 7 à 8 fois moins que du sucre du foie pour en voir arriver dans le liquide vésical.

1143. — Le sucre prend part à la constitution de l'organisme ; c'est là son seul caractère d'ordre organique, mais cette part est accessoire, comme celle de tous les principes de cette classe. Il peut en effet manquer dans l'organisme sans que la mort survienne immédiatement ; cependant il est comme les corps gras une des conditions d'existence de l'organisme de plusieurs animaux, et un organe a au nombre de ses usages la formation de ce principe. Mais il est rapidement détruit, et s'il vient à exister en plus grande quantité qu'à l'état normal, il est rejeté au dehors ; il est alors un des signes de lésions générales profondes, sans en être la cause.

1144. — A. Les matériaux de *formation du glucose* dans l'économie proviennent de deux sources, et il peut, de plus, en pénétrer de tout formé.

1° Normalement ils sont fournis par les principes de l'organisme même ; on ne sait encore si ce sont particulièrement les substances organiques ou bien les principes des corps gras qui en fournissent les matériaux. Mais quoi qu'il en soit, M. Cl. Bernard a montré que sur des chiens et des chats nourris pendant 4, 5, 6, et 8 mois uniquement de viandes, d'os et des matières grasses qui les accompagnent, on ne trouve jamais de sucre dans le sang qui entre dans le foie par la veine porte, tandis que le sang qui en sort par les veines sus-hépatiques en renferme. Le foie et le sang qui en sort renferment également encore un peu de sucre après 3 ou 4 jours d'abstinence, bien qu'un peu moins qu'à l'ordinaire. Quelles sont exactement les espèces de principes de l'économie qui fournissent ces matériaux ; quel est le nouvel état spécifique auquel elles passent après les avoir cédés, c'est ce qu'on n'a pu encore apprendre. Mais ce qui est positif, c'est que l'animal peut fournir les matériaux pour la formation du sucre, qui est formé ainsi de

toutes pièces, aux dépens de ceux de ses autres principes. Ainsi dans l'abstinence prolongée le sucre finit par disparaître tout à fait du foie et du sang un jour ou deux avant la mort par inanition. Si à un chien dans cet état on vient à donner de la viande seulement, et qu'on tue l'animal deux heures après, son foie contiendra déjà autant de sucre qu'à l'état normal.

2° Le sucre de canne qui pénètre comme tel par endosmose dans la veine porte disparaît en tant que sucre de canne dans le foie (1), et y passe à l'état de glucose (voy. plus loin, livre III, le chapitre sur le *sucre de canne*), par catalyse en fixant trois équivalents d'eau. Il en est peut-être de même du sucre de lait. Dans le cas du sucre de canne, l'origine des matériaux du glucose est, comme on voit, bien connue : c'est d'une part un principe accidentel, et de l'autre de l'eau, principe constituant normal de l'économie.

3° Du glucose pénètre tout formé dans l'économie quand on en introduit comme aliment ; alors on en peut trouver dans le sang de la veine porte. Il en pénètre également par endosmose des traces pendant la digestion des substances amylacées cuites ; car alors on trouve toujours des *traces de glucose* dans le chyme depuis l'estomac jusqu'au cœcum (2). Il faut ajouter qu'une partie plus considérable de la fécule cuite passe seulement à l'état de dextrine (3) ($C^{12}H^{10}O^{10}$), qui probablement sera reconnue comme un des matériaux de formation du sucre dans le foie en prenant quatre équivalents d'eau, à la manière du sucre de canne qui n'a besoin que d'en prendre trois.

1145. — B. C'est là cette source très accessoire de formation du glucose qui a été considérée pendant plusieurs années comme la principale, mais à tort ; car il pénètre, comme on voit, à chaque digestion, des traces de glucose tout formé :

(1) Cl. Bernard, *De l'assimilation du sucre de canne* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1849, p. 114).

(2) Mitscherlich, *Formation du sucre dans la digest.* (*Monats Bericht der K. preuss. Academie der Wissenschaften*, in-8°, déc. 1841, p. 394).

(3) Bouchardat et Sandras, *De la digestion des mat. féculentes et sucrées, et du rôle que jouent ces substances dans la nutrition* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1845, t. XX, p. 143, 303 et 1026).

ce sont seulement ses matériaux qui pénètrent. Le fait essentiel à connaître, c'est le *lieu* du passage réel de la dextrine et du sucre de canne à l'état de glucose d'un état spécifique à un autre; fait qui caractérise leur *assimilation à l'un des principes* existant. Or le *lieu* où la plupart des matériaux du glucose qu'on trouve dans l'organisme passent à cet état spécifique, c'est le foie. C'est là que se trouvent les conditions principales de la formation de ce principe, et voici quelles sont ces conditions.

Il faut les étudier d'abord dans les deux circonstances dont nous venons de parler, savoir : 1° quand les matériaux viennent de l'organisme ou d'une nourriture azotée et graisseuse exclusive, comme chez les carnassiers exclusivement carnivores; 2° quand les matériaux sont du sucre de canne ou de la dextrine; 3° enfin accessoirement, mais nécessairement, il faut rappeler quelles sont les conditions de formation du glucose qui se rencontre dans l'intestin.

1° Dans le premier cas on ne connaît encore que les conditions de formation les plus générales, c'est-à-dire celles qui sont relatives à l'état de la circulation dans le foie, et à l'état du système nerveux.

Ainsi, par exemple, c'est dans la profondeur du parenchyme même du foie que se forme le sucre, et non dans le sang, car le foie exsangue des animaux morts par hémorrhagie en renferme. Si donc on trouve du sucre dans le sang des veines sus-hépatiques, c'est qu'il y a été versé. Il arrive même le fait suivant : c'est que, lorsque avant d'éventrer l'animal sur lequel on expérimente on n'a pas soin de faire une petite ouverture aux parois de la cavité abdominale pour accrocher et lier la veine porte à son entrée dans le foie, le tronc et les branches de cette veine n'étant plus comprimés, il n'y a plus équilibre entre la pression continue des vaisseaux thoraciques et sous-diaphragmatiques; or comme ces vaisseaux n'ont pas de valvules, le sang sus-hépatique reflue dans la veine porte. Dès lors on trouve du sucre dans le sang de ces vaisseaux, sucre qui ne s'y est pas formé, n'y existe pas normalement, et

ne s'y trouve que par suite d'un reflux accidentel que favorise encore l'allongement des vaisseaux de l'intestin hernié et étalé.

Toute cause qui influe sur la circulation du foie influe sur la production du sucre. Lorsque la circulation y est active, la quantité de sucre produite augmente, et *vice versâ*. Ainsi pendant la digestion tout le système de la veine porte est plus turgescent, et l'on constate en même temps la présence de beaucoup plus de sucre dans le sang, quelle que soit du reste la nature des aliments.

M. Cl. Bernard a montré, de plus, que, comme toutes les sécrétions, celle du sucre a pour condition d'existence une certaine influence du système nerveux; la formation du sucre, en un mot, est influencée par le système nerveux. Non pas que nous voulions dire par là que le système nerveux peut avoir quelque influence sur le fait chimique de combinaison des éléments hydrogène, carbone et oxygène dans les proportions qui constituent le glucose; mais le système nerveux influe sur la circulation du foie, et par suite sur les conditions de rencontre, de mise en présence des matériaux dont dépend la formation du glucose.

Lorsqu'on coupe le nerf lingual et qu'on irrite le bout périphérique, on ne produit rien; mais si l'on irrite le bout central, il y a aussitôt issue de la salive, qui sort sous forme de jet par les conduits de Warthon et de Sténon, comme si l'on avait mis quelque chose de sapide sur la langue avant la section. (Cl. Bernard.) Il y a eu là action transmise aux centres nerveux et réaction de ceux-ci sur les glandes salivaires, transmise par les rameaux du système nerveux de la vie organique qui se jettent sur les artères des glandes, et avec elles dans le tissu de celles-ci.

Le pneumogastrique se trouve être pour le poumon ce que le nerf lingual est pour la langue. Lorsqu'on le coupe au cou, la production de sucre cesse bientôt. Si l'on irrite le bout inférieur, on ne produit rien; mais si l'on irrite le bout supérieur, il y a impression sur les centres nerveux et action réflexe sur

le grand sympathique, qui influe sur les vaisseaux du foie, et il y a de nouveau formation du sucre. L'effet de cette irritation du bout supérieur du nerf est le même que celui d'une action exercée sur le poumon et transmise par le nerf pneumogastrique, comme l'irritation du bout supérieur du nerf lingual remplace l'action exercée sur la langue et transmise par le nerf ci-dessus. Cette action, si elle est exercée sur le poumon, augmente aussi la production du sucre. C'est ainsi que les inspirations de chlore ou d'éther augmentent la quantité de la production du glucose par le foie ; et, d'autre part, la production du sucre est en rapport avec l'intensité de la respiration, parce qu'alors, bien qu'il n'y ait pas sensation proprement dite, il y a néanmoins transmission à l'encéphale de cette action proportionnellement à l'intensité de l'acte qui se passe dans le poumon, et réaction proportionnelle du centre nerveux sur le foie. Si, au lieu d'irriter le poumon, on veut piquer la moelle allongée vers le lieu où se rend le pneumogastrique, cette action réflexe des centres nerveux est augmentée, et aussitôt la production du sucre devient plus abondante, l'animal devient diabétique ; on trouve du sucre dans l'urine et dans toutes ou presque toutes les sécrétions où il n'y en avait pas. Il faut piquer la moelle non pas au niveau du *nœud vital*, c'est-à-dire à 1 centimètre environ au-dessous de l'origine du pneumogastrique, mais bien au niveau de ce nerf et au-dessus, des deux côtés à la fois, ou seulement sur la ligne médiane.

Une commotion cérébrale, ou toute action sur les pédoncules cérébraux déterminant des convulsions, l'action du *curare* combinée avec les insufflations, déterminent le même effet, cette même exagération de production du sucre, qui alors se retrouve bientôt dans toutes les parties du corps. Les animaux présentent en même temps un léger abaissement de température et une plus grande irritabilité. L'action de ce genre produit le même effet, c'est-à-dire augmente l'intensité de la réaction des centres nerveux sur le foie, après impression, même normale, transmise du poumon au cerveau par le

pneumogastrique. Mais cette irritation des centres nerveux (piqûre, commotion cérébrale, convulsions, etc.) ne suffit pas sans impression transmise du poumon à l'encéphale, sans persistance de la communication du poumon avec le cerveau. En effet, si l'on vient à couper le pneumogastrique, la production du sucre cesse, bientôt il n'y en a plus, et si l'animal avait été rendu glucosurique par suite de la piqûre, il cesse peu à peu de l'être (1). Comme le pneumogastrique communique avec le foie, on pourrait peut-être dire que la piqûre des pédoncules cause une irritation, une augmentation d'action des centres nerveux qui est directement transmise au foie, et que la section du nerf ci-dessus, empêchant cette transmission, fait cesser l'action du foie formatrice du sucre. Mais ce fait que, lorsqu'on irrite le bout inférieur du nerf coupé, on ne produit rien, tandis que l'irritation du bout supérieur détermine la production du sucre, montre bien que les choses se passent comme nous venons de le dire plus haut, d'après M. Cl. Bernard. Si donc le nerf étant coupé, la piqûre des pédoncules cérébraux ne suffit pas à elle seule pour déterminer cette influence des centres nerveux sur le foie par l'intermédiaire du grand sympathique, tandis que l'irritation du bout supérieur du pneumogastrique le fait, c'est que dans toute action du système nerveux, relative à la vie organique, il se passe toujours deux actes principaux : 1° *impression* d'un organe et transmission de la périphérie au centre nerveux par un nerf (l'impression ci-dessus peut être remplacée par l'irritation de ce dernier nerf); 2° *réaction* des centres nerveux auxquels se rend ce nerf, et transmission de cette action du centre à la périphérie par d'autres tubes nerveux. Dans les faits de ce genre relatifs à la vie organique, la réaction a lieu sans conscience;

(1) Cl. Bernard, *Influence de la section des pédoncules cérébelleux moyens sur la composition de l'urine* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1849, p. 14). — *De l'influence du syst. nerveux sur la composit. des urines* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, t. XXVIII, p. 373). — *Sur les causes de l'apparition du sucre dans les urines* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1851, p. 144).

mais dans ceux de la vie animale, après transmission de l'impression, il y a un troisième acte distinct interposé aux deux autres, c'est la *perception;* tandis qu'ici il y a réaction sans perception, *sans conscience* (action réflexe). Maintenant l'action sur l'organe peut bien être remplacée par une irritation du nerf qui transmet l'impression au cerveau; mais les actes du système nerveux sont tellement corrélatifs, qu'ils ne sauraient s'accomplir les uns sans les autres. On ne saurait, en effet, remplacer l'action de l'encéphale (moelle allongée, pédoncules du cervelet, etc.), qui est ensuite transmise des centres à la périphérie, par une irritation mécanique de ses organes seule, sans qu'il y ait impression transmise de l'organe intérieur vers lui; mais lorsque ce dernier acte a lieu, une irritation directe du cerveau peut exagérer son action transmise du centre à la périphérie.

Cette production exagérée du sucre que l'on peut obtenir artificiellement en irritant le poumon ou le bout supérieur du pneumogastrique coupé, ou en augmentant l'action réflexe de la moelle allongée par sa piqûre, s'observe chez l'homme dans quelques circonstances morbides. On trouve alors du sucre dans toutes les parties du corps dont nous avons parlé: c'est là ce qui caractérise physiologiquement l'affection appelée *diabète sucré*, expression préférable à celle de *glucosurie*, puisqu'il y a du sucre alors aussi bien dans toutes les humeurs que dans l'urine; et nous verrons qu'il peut y avoir pissement de sucre sans qu'existent les symptômes de l'affection appelée diabète. Les conditions de cette formation exagérée de sucre paraissent être des lésions assez variées du poumon, mais qui sont à peu près constantes, sinon constantes dans les cas où se manifestent les symptômes du diabète. Ces conditions sont peut-être et probablement aussi des lésions de la moelle allongée, mais elles n'ont pas encore été nettement constatées. Il est probable qu'elles existent toutes deux, soit de prime abord, soit l'une consécutivement à l'autre.

2° Les conditions de formation, dans le foie, du glucose à l'aide du sucre de canne ou de la dextrine, ne sont

autres que le contact moléculaire du sucre dissous avec les éléments anatomiques du foie. En effet, plusieurs auteurs que nous citerons disent avoir constaté que le contact du parenchyme hépatique d'un animal mort avec une solution de sucre de canne suffit pour faire subir à celui-ci la catalyse glucosique. Le sucre de canne qui était dans la veine porte est déjà à l'état de glucose lorsqu'il est arrivé dans les veines sus-hépatiques (1) ; reste à voir si cette action du foie sur le sucre de canne ne serait pas ralentie par la section du pneumogastrique : on ne peut pas dire supprimée, car si le foie opère cette transformation hors de l'organisme (mais en quelques heures au lieu de quelques minutes), il ne saurait avoir perdu la propriété de l'opérer, par le simple fait de cette cessation de communication avec l'encéphale.

3° Enfin les conditions de formation du glucose se trouvent être dans l'intestin celles toutes les catalyses. Les fécules cuites qu'on y introduit se trouvant en présence de substances azotées qui jouent le rôle de corps catalytique, et à une température de 37 degrés environ, présentent la catalyse dextrinique, et une petite partie de celle-ci présente la catalyse glucosique ; mais il ne se forme ainsi que des traces de glucose. Pour le sucre de canne, ce sont les mêmes conditions de catalyse, une partie passe à l'état de *sucre interverti* et des traces subissent la catalyse glucosique.

Il est possible que dans quelques cas morbides les conditions de catalyse glucosique offertes aux féculents par l'intestin soient plus favorables qu'à l'état morbide, que les substances azotées des sucs intestinaux se trouvent dans un état plus convenable à cette catalyse ; mais cet état n'est pas encore déterminé, et ce n'est certainement pas là, comme on l'a cru démontrer, la cause de l'apparition du sucre dans le sang, puis dans toutes les humeurs de l'organisme. Le point de départ de la maladie n'est pas une lésion de sécrétion de l'intestin ; les troubles de ce côté ne sont au contraire que

(1) Cl. Bernard, *De l'assimilation du sucre de canne* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, Paris, 1849, p. 114).

consécutifs à ceux observés dans les usages du foie, à l'altération du sang, et par suite enfin aux troubles de l'acte élémentaire de nutrition. Si l'ingestion du sucre et des féculents augmente la quantité de sucre dans les urines, c'est que le foie ayant la propriété de faire subir au sucre de canne et probablement à la dextrine la catalyse glucosique, si l'on introduit ces matières comme aliments, c'est une certaine quantité de glucose formée qui s'ajoute à celui que fabrique le foie. Si la suppression des féculents fait diminuer le glucose dans l'urine, c'est que la production du sucre par le foie est réduite à ce que peut faire cet organe avec les matériaux qu'il emprunte à l'organisme; d'autant plus qu'alors la quantité en poids et en volume des aliments se trouve réduite aussi.

1146.—C. *Conditions de destruction et d'issue du sucre dans l'économie.* Le sang présente au glucose toutes les conditions nécessaires à sa destruction; en moins de vingt minutes tout le sucre contenu dans le sang d'un diabétique est passé à l'état d'acide lactique probablement (1). Nous avons vu ailleurs que l'acide lactique, si c'est lui qui se forme, passe au fur et à mesure de sa formation à l'état de lactate en décomposant les carbonates. Aussi avons-nous vu qu'à partir du foie en allant vers le poumon et le cœur gauche, la quantité de glucose va en diminuant dans le sang. C'est ainsi que disparaît normalement ce principe. Lorsque sa production est exagérée, tout ne passe pas à l'état d'acide lactique par catalyse en aussi peu de temps, en sorte qu'il en reste qui passe au delà du cœur gauche, et même au delà des artères, et qu'on retrouve du sucre dans les veines générales du corps (Cl. Bernard); il ne disparaît que peu à peu, au fur et à mesure que diminue sa production par le foie.

Lorsque cette quantité devient par trop considérable, il sort du sucre par l'urine et les autres liquides de l'économie. Les conditions de cette issue sont celles de l'exosmose, que présentent les parois des tubes des parenchymes sécréteurs

(1) Bouchardat, *Mém. sur le diabète sucré* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1845, vol. XX, p. 1020).

d'une part, et d'autre part le sucre lui-même, puisqu'il est à l'état de dissolution. Mais il faut encore une autre condition de la part de celui-ci : il faut qu'il y ait dans le sang une certaine quantité de glucose ; il faut que cette humeur ait atteint un certain degré de saturation par le sucre. C'est ainsi, par exemple, qu'on peut injecter 2 grammes 1/2 de glucose dans le sang d'un chien de moyenne taille sans qu'il en rejette par les urines, ce n'est qu'au delà de cette quantité que la glucosurie a lieu. Ce qui le prouve encore, c'est qu'il peut normalement passer du sucre jusque dans les artères, et même en revenir par les veines générales, comme nous venons de l'indiquer ci-dessus, sans qu'il en sorte par les urines. Ce n'est que lorsqu'il y en a beaucoup plus dans le sang qu'il en passe dans cette humeur, ainsi que dans la salive, le mucus des bronches, le sperme, le liquide de l'estomac, etc.

Nous verrons plus loin, en traitant de la formation des principes gras, que probablement une partie du sucre peut, dans certaines conditions d'alimentation, se dédoubler en divers principes parmi lesquels se trouveraient des espèces de corps gras, et probablement aussi de l'eau avec de l'acide carbonique. Ce serait encore là un des modes de disparition du sucre.

1147. — Il se fait donc dans les animaux, comme dans les végétaux, des principes immédiats ; le fait est des plus évidents pour la créatine, l'urée, etc. La formation du sucre dans le foie montre que chez les animaux il peut se former des principes immédiats de même espèce que ceux produits dans les plantes. Si, d'une manière générale, les végétaux sont condition d'existence des animaux, il faut pourtant remarquer, comme le fait observer M. Cl. Bernard, que chaque être porte en lui-même ses conditions d'existence qui, pour quelques heures du moins, lui donnent une certaine indépendance des objets extérieurs, même alimentaires ; et plus est grande cette indépendance, plus s'étendent la vie de relation et la vie sociale, dont c'est là une condition. Le sucre est, comme tout autre principe immédiat, une de ces condi-

tions d'existence de l'organisme. Or, chez l'animal, il l'est par suite de la succession des phénomènes suivants, savoir : son passage rapide à l'état d'acide lactique qui, au fur et à mesure de sa formation, décompose les carbonates et dégage de l'acide carbonique, dont la production est une des conditions d'échange entre le milieu gazeux extérieur et l'organisme ; puis les lactates formés passent bientôt eux-mêmes à l'état de carbonates. Or l'animal fait du sucre soit à l'aide de ses propres matériaux, soit à l'aide de matériaux empruntés aux plantes. Le sucre est aussi une condition d'existence pour les plantes, et cela également par les mêmes raisons que chez l'animal, en ce qu'il passe par plusieurs états successifs différents, pour arriver enfin à l'état gazeux. Seulement ici le sucre, au lieu de passer à un autre état aussitôt après la formation, se forme et s'accumule lentement, et ne disparaît qu'à l'époque de la floraison. L'amidon et le sucre qui en dérivent sont donc d'abord des conditions d'existence pour la succession des actes que présente le végétal, et ne le deviennent pour l'animal qu'autant que celui-ci détruit celui-là ; mais il peut se passer de cet emprunt, et il est faux de dire d'une manière absolue que le végétal fabrique à peu près exclusivement les matériaux, et que d'autre part l'animal les détruit. Cette erreur est là encore un des résultats, ainsi qu'on le voit, de la doctrine des causes finales dont nous avons parlé au chapitre premier de ce livre. Les uns et les autres de ces êtres forment et détruisent les principes qu'on trouve en eux, tels que les sucres et autres. Chez les uns et les autres, les actes de la nutrition, savoir : ceux de la formation des principes *par assimilation* (aux espèces existant au dedans) des matériaux puisés au dehors, et ceux de *désassimilation* (voy. t. I[er], pages 210 et 242), sont de même nature. Il n'y a de différence à cet égard entre le végétal et l'animal, qu'en ce qu'ils font ces principes avec des matériaux différents, et dans des conditions de température, etc., qui ne sont pas les mêmes ; il n'y a de différence enfin qu'en ce que chez l'animal la destruction suit immédiatement la forma-

tion, tandis que dans la plante le principe s'accumule d'abord et ne se détruit que plus tard. C'est de ce fait-là que nous tirons parti par une succession de longs essais pour accumuler des aliments, comme le sucre et les huiles; ici comme partout, la doctrine des causes finales a pris d'une manière puérile le résultat pour la cause. On a considéré comme le résultat d'une prévoyance supérieure à l'égard des animaux ce qui est une condition d'existence du végétal d'abord, et ne le devient pour l'animal que secondairement, par suite de sa propre prévoyance.

1148. — Ne sont encore bien connus que les actes que manifeste le glucose lors de sa formation dans le foie et dans l'intestin aux dépens de la dextrine et du sucre de canne; ce sont des actes chimiques indirects de la première classe ou catalyses isomériques. Dans le cas de formation du sucre chez les carnivores, ce sont sans doute des catalyses combinantes ou avec dédoublement.

La destruction du sucre dans l'économie est un fait de catalyse avec dédoublement, catalyse lactique. (Voy. t. I, p. 512, 513.)

La petite quantité de glucose qui pénètre toute formée dans l'économie présente des actes physiques d'endosmose au travers des parois vasculaires intestinales.

Le glucose qui s'échappe tout formé des vaisseaux ne présente que des actes physiques d'exosmose au travers des parois vasculaires et des tubes du rein et glandulaires, car le glucose qui est dans ces humeurs est le même qui existe dans le sang.

1149. — *Extraction et caractères chimiques.* Le glucose (1) cristallise lentement des solutions qui ne sont pas trop concentrées. Les cristaux sont des groupes ou tubercules mamelonnés fibreux, ou formés de petites aiguilles, quelquefois aplaties en lamelles entrecroisées, terminées en rhombe. Il est plus ou moins blanc, selon le degré de pureté; il fond à 100 degrés ou un peu au-dessous; en perdant 9 pour 100 d'eau, il forme alors une masse jaunâtre, transparente, qui reprend son eau et sa forme cristalline en se refroidissant. Il se caramélise à 140 degrés environ. Il se dissout dans une fois et un tiers son poids d'eau. Il se dissout en toutes proportions dans l'eau bouillante, et forme un sirop moins consistant et moins filant que le sucre de canne. Ce sirop est moins sucré aussi que ce dernier, mais il l'est plus que le glucose solide, qui donne sur la langue une impression farineuse, puis faiblement sucrée et mucilagineuse. Il est

(1) Dumas, *Traité de chimie*, in-8°. Paris, 1843, t. VI, p. 375.

soluble dans l'alcool, mais moins que le sucre de canne. Les acides concentrés le détruisent ; il se combine difficilement aux bases, contrairement au sucre de canne ; mais pourtant il se combine, et forme des composés de saveur amère et faiblement alcaline.

Extraction. Pour constater la présence du sucre dans le foie, il suffit de prendre une certaine quantité du tissu du foie, de le broyer dans un mortier, après quoi on le fait bouillir pendant quelques instants avec une petite quantité d'eau, puis on filtre pour obtenir le liquide de la décoction. Ce décoctum, qui ordinairement présente un aspect opalin, possède tous les caractères d'un liquide sucré. Il brunit lorsqu'on le fait bouillir avec la potasse, et il réduit dans de semblables circonstances le tartrate double de potasse et de cuivre. Si l'on ajoute de la levûre de bière et si l'on maintient le tout à une température convenable, au bout de très peu de temps la fermentation s'établit et marche activement; on constate que c'est l'acide carbonique qui se dégage, et lorsque la fermentation est achevée, si l'on distille le liquide restant, on obtient de l'alcool qui, suffisamment concentré par plusieurs distillations, s'enflamme et se reconnaît à tous ses autres caractères (1).

Il est très difficile d'extraire à l'état cristallin le sucre qui se rencontre dans le corps des diabétiques, qu'il soit dans l'urine, ou dans le foie, ou dans une humeur quelconque. Il cristallise très difficilement et très lentement. Aussi a-t-on dû chercher le moyen de reconnaître la présence du sucre à l'aide de diverses réactions sans qu'il fût nécessaire de le séparer complétement des autres substances avec lesquelles il se trouve mélangé dans les liquides animaux.

Il existe un grand nombre de procédés qui sont basés sur l'action des différents réactifs chimiques sur le sucre ; parmi ces procédés, il en est qui, tout en se trouvant indiqués dans beaucoup d'ouvrages, sont sans aucune valeur et doivent être rejetés définitivement.

1° Lorsqu'on ajoute de l'acide sulfurique concentré à un liquide qui contient du sucre, la liqueur doit noircir rapidement.

2° L'acide chlorhydrique doit agir de la même manière.

Ces réactions sont sans aucune valeur, les acides à l'état concentré colorent toujours les liquides qui renferment des substances d'origine animale.

3° L'action de la potasse sur un liquide qui contient du sucre ne constitue pas non plus une bonne réaction. S'il était facile de séparer le sucre des substances animales avec lesquelles il se trouve mélangé dans les liqueurs, cette réaction pourrait n'être pas mauvaise ; mais le sucre ne formant pas de combinaison insoluble, se dissolvant dans l'eau et l'alcool ordinaire, difficilement dans l'alcool absolu et pas du tout dans l'éther, il est presque impossible de le séparer d'autres substances qui se dissolvent dans les

(1) Cl. Bernard, *De l'origine du sucre dans l'économie animale* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, in-8°, 1849, p. 127).

mêmes conditions que lui. Aussi, lorsqu'on fait bouillir avec de la potasse, de l'urine contenant du sucre ou un liquide renfermant du sucre extrait au moyen d'alcool, la couleur noirâtre que prend la liqueur ne peut pas être attribuée à la seule présence du sucre; elle peut provenir d'une tout autre cause.

Un autre ordre de procédés est basé sur l'action du sucre sur les sels de cuivre. Le glucose a la propriété de décomposer certains sels de cuivre en présence d'un alcali. Lorsqu'on chauffe un peu la liqueur dans laquelle se trouve le mélange, il se précipite de l'oxyde de cuivre sous forme d'une poudre jaune rougeâtre. Ce procédé a été longtemps usité. Lorsqu'il est employé par une main un peu exercée, il semble infaillible. Il consiste à ajouter de la potasse à la liqueur que l'on veut examiner, puis à filtrer; on ajoute alors à la liqueur filtrée du sulfate de cuivre en solution très étendue; il se forme ordinairement un précipité qui se redissout par l'agitation de la liqueur. Au bout de quelque temps, on voit se former un précipité rougeâtre en forme de poudre; si l'on chauffe la liqueur, la décomposition a lieu instantanément. Ce procédé, lorsqu'on opère d'une manière convenable, est très bon, mais il faut prendre beaucoup de précautions, car autrement on pourrait obtenir une décomposition du cuivre, sans qu'il y eût pour cela du sucre. Ainsi, il ne faut pas faire bouillir trop longtemps le mélange de potasse et de sulfate de cuivre avec la liqueur qu'on examine; les substances albumineuses en solution peuvent, en présence de la potasse, décomposer le sulfate de cuivre et donner une réaction semblable à celle du sucre. Ce moyen peut servir à reconnaître le sucre dans l'urine en opérant directement sur la liqueur; mais pour le sang, la salive et les autres liquides animaux, il faut avoir soin d'éliminer les substances albumineuses en évaporant le liquide et en le traitant par l'alcool qui dissout le sucre. Ce procédé est, comme on le voit, assez difficile à mettre en pratique, surtout lorsque la quantité de sucre est très peu considérable.

Le procédé de MM. Bernard et Barreswill est en tout point préférable, et présente autant de précision que de facilité dans l'exécution. Il consiste à ajouter à une liqueur dans laquelle on soupçonne la présence du sucre une dissolution de tartrate double de potasse et de cuivre; on chauffe la liqueur. S'il y a du sucre en dissolution, il se forme un précipité jaune formé d'oxyde de cuivre. Ce moyen a sur le précédent l'avantage d'indiquer la présence du sucre aussitôt qu'on chauffe un peu la liqueur; et il n'est pas nécessaire non plus d'ajouter de la potasse avant de verser le sel de cuivre; aussi la décomposition de ce sel ne peut-elle plus avoir lieu par l'action des substances albumineuses. Cette réaction peut ainsi être employée pour chercher le sucre dans la salive, dans le suc pancréatique, etc., sans qu'il soit nécessaire de dessécher ces liquides et de les extraire par l'alcool.

Au moyen de l'appareil à polarisation, il est aisé de constater la présence du sucre dans une liqueur claire ; mais cet instrument ne peut se trouver à la portée de tout le monde. Ce procédé ne peut donc servir que dans des cas exceptionnels.

Pour résumer ce que nous venons de dire des procédés pour constater simplement la présence du sucre, c'est-à-dire pour en faire l'analyse qualitative, nous dirons que le procédé de MM. Bernard et Barreswill nous paraît préférable à tous les autres ; cependant, lorsque le sucre existe en assez grande quantité, il est bon de le faire fermenter afin d'en retirer de l'alcool par la distillation. Le goût peut être, dans beaucoup de cas, une réaction à ajouter à d'autres. En faisant brûler la substance qui paraît être du sucre, on peut aussi être guidé par l'odeur. En un mot, il sera bon de faire plusieurs réactions lorsque le cas paraîtra douteux, car même la réaction de M. Cl. Bernard pourrait devenir fautive en face de substances encore inconnues, et qui pourraient partager avec le sucre la propriété de décomposer les sels de cuivre.

Procédés pour le dosage du sucre. Il est souvent utile de doser la quantité de sucre qui se trouve dans une humeur ; cela devient souvent nécessaire pour l'urine des diabétiques. Aussi a-t-on proposé plusieurs procédés pour parvenir à estimer exactement la quantité de sucre contenue dans une urine. Ces procédés peuvent se diviser en trois ordres : ceux du premier sont basés sur la décomposition des sels de cuivre par l'action du sucre ; on calcule combien il a fallu de sucre pour former l'oxyde de cuivre qu'on pèse. Le second ordre comprend le dosage du sucre par le saccharimètre ou l'appareil à polarisation. Le troisième ordre de procédés consiste dans le dosage du sucre au moyen de la fermentation.

On a beaucoup cherché à estimer la quantité absolue de sucre que pouvait contenir l'urine, et l'on a proposé des perfectionnements sans nombre pour arriver à ces résultats. Si l'absolue exactitude est indispensable dans une foule de recherches ; si des savants ont consacré leur temps et leur intelligence à rectifier des nombres infiniment petits, rectification qui, du reste, ne changeait en rien les lois résultant de l'ensemble des faits déjà observés, il n'en est pas moins vrai que l'analyse quantitative des principes immédiats contenus dans le corps des animaux ne devra être que relative et servir uniquement de point de comparaison ; aussi attachons-nous beaucoup de valeur, pour l'analyse des principes immédiats, aux procédés qui peuvent être mis facilement à exécution et n'exigent pas un laborieux apprentissage.

Un procédé très exact est celui de Fehling. Il consiste à faire une liqueur titrée, composée de 40 grammes de sulfate de cuivre cristallisé dissous dans 160 grammes d'eau, de 160 grammes de tartrate de potasse et de 560 grammes de lessive de soude du poids spécifique de 1,12 ; le tout est mélangé avec de l'eau de manière à atteindre le volume d'un litre.

Pour précipiter complétement de 10 centimètres cubes de la liqueur titrée le cuivre, il faut 11,5 centimètres cubes d'une liqueur contenant 5 grammes de sucre desséché dissous dans un litre d'eau. Pour précipiter 100 parties d'oxyde de cuivre, il faut donc 45,25 parties de sucre. En partant de ces proportions, il est aisé de calculer la quantité de sucre contenue dans une urine. On en verse dans une burette graduée une certaine quantité, puis on ajoute peu à peu de la liqueur titrée contenant le sel de cuivre; il arrive un point où la liqueur titrée n'est plus décomposée; d'après la quantité de la liqueur employée, on calcule facilement la proportion de sucre qui était renfermée dans l'urine qu'on soumettait à l'analyse.

Il existe encore d'autres procédés qui ne sont que des modifications de celui que nous venons d'indiquer en détail, aussi ne nous en occuperons-nous pas davantage.

Le dosage du sucre par la polarisation est un moyen très exact et très rapide; seulement, l'emploi de l'instrument exige une certaine habitude, et il existe des causes d'erreur qu'une pratique assez longue peut seule éloigner. La fermentation, qui doit être employée avec précaution pour l'analyse qualitative, devient un très bon moyen pour doser la quantité de sucre, surtout lorsqu'il existe en assez grande quantité. Ce procédé est bien loin de donner des résultats absolument exacts; mais il est précieux pour permettre au médecin qui ne peut être un chimiste de doser approximativement la quantité de sucre que contient une urine de malade. Il suffit pour cela de faire fermenter de l'urine dans un appareil dont nous donnons ici le dessin. Cet appareil est composé d'un ballon fermé hermétiquement par un bouchon; celui-ci est traversé par un tube qui le dépasse intérieurement de quelques lignes; ce tube est surmonté d'un tube plus volumineux renfermant du chlorure de calcium. Un autre tube pénètre jusqu'au fond du ballon; son extrémité est fermée par un petit bouchon de cire. On remplit le ballon à moitié avec de l'urine sucrée, et l'on ajoute un peu de ferment. L'appareil, pesé exactement, est abandonné pendant quarante-huit heures à une température de 37 degrés. L'acide carbonique produit par la fermentation s'échappe par le tube; les vapeurs d'eau qu'il pourrait entraîner sont retenues par le chlorure de calcium renfermé dans le tube. Lorsque le dégagement d'acide carbonique a cessé, on enlève le bouchon qui fermait le tube; et l'on aspire doucement par le tube; l'air qui pénètre au fond du liquide chasse l'acide carbonique renfermé dans le ballon. En replaçant l'appareil sur la balance, on voit combien il a perdu en poids; cette perte est l'acide carbonique qui a été fourni par le sucre en se transformant en alcool. On peut ainsi calculer la proportion du sucre contenu dans l'urine. Ce procédé ne donne que des résultats approximatifs, mais suffisamment exacts pour comparer les proportions de sucre contenues dans l'urine des malades; il a de plus l'avantage de pouvoir être employé par tout le monde, et ne peut pas

faire commettre des erreurs semblables à celles qu'une main peu exercée commettrait avec les procédés que nous avons indiqués plus haut.

1150. — *Historique.* Thomas Willis indiqua le premier que l'urine des diabétiques « produit sur l'organe du goût la même impression que si elle tenait en dissolution du miel ou du sucre (1). » Pool et Dobson confirmèrent ce qu'avait avancé Willis (2). Dobson dit même en avoir trouvé dans le sang des diabétiques. Thomas Cawley, le premier, montra ensuite par une série d'expériences que le principe de l'urine diabétique est bien du sucre uni à une matière gommeuse ou coagulable (3). Cullen signala également que l'urine des diabétiques est un liquide dont la couleur, l'odeur et la saveur sont celles de l'eau miellée, et par évaporation la saveur devient bien plus prononcée (4).

Marabelli vérifia aussi la présence du sucre dans l'urine (5), ainsi que Pierre Frank (6). Ce dernier dit même qu'on a découvert chez des individus atteints de consomption, quoiqu'ils n'urinassent pas plus que de coutume, jusqu'à 6 onces de sucre dans 2 livres de liquide : 24 livres d'urine lui ont fourni 25 onces de matière sucrée. Il rappelle aussi qu'on a vu le sérum du sang des diabétiques présenter une saveur douce. John Rollo vérifia la présence du sucre dans les urines. Il a observé le premier le sucre dans l'urine d'individus atteints d'affections autres que le diabète : c'était sur des femmes grosses présentant divers symptômes

(1) Thomas Willis, *Pharmaceutice rationalis, sive diatriba de medicamentorum operationibus in humano corpore.* Hagæ comitis, 1677, pars prima. Sectio iv, in-32, p. 164.

(2) Dobson, *Experiments and observat. on the urin in a diabetes* (*Medical observat. by a Society of phys. in London*, 1775, t. V, p. 298).

(3) Th. Cawley, *A singular case of diabetes consisting entirely in the quality of the urine , with an inquiry into the different theories of that disease* (*The London medical journal*, in-8°, London, 1788, t. IX, p. 286, et non pas 1778, comme le répètent tous les auteurs en copiant une faute d'impression du premier travail où se trouve signalée l'observation de Cawley).—Voyez Bell, art. Diabète du *Dict. des sc. médic. pratiques*, Paris, in-8°, vol. V, p. 108. Sans date, ouvrage non terminé. On ne trouve que les quatre premiers volumes, où manque cet excellent article, dont il a paru une traduction anglaise purgée des fautes d'impression.

(4) Cullen, *Éléments de médecine pratique*, traduits par Bosquillon. Paris, 1789, t. I.

(5) Marabelli, *Memoria su i principi e sulle differenze dell' orina, in due spezzie di diabete, confrontata colla naturale*, in-8°. Pavia, 1782, p. 32.

(6) P. Frank, *De curandis hominum morbis*, lib. v, *De profluviis.* Manheim, 1794, p. 39. — *Interpretationes clinicæ.* Tubingæ, 1812, t. I, p. 346-349. — *Traité de médecine pratique*, traduit du latin par Goudareau, nouvelle édition. Paris, 1842, gr. in-8°, t. I, p. 396-397.

gastriques (1). Il observa que le sang des individus atteints de diabète, traité par l'acide nitrique, donne plus d'acide oxalique que celui des autres individus.

Ce fut dans ce même ouvrage que Fourcroy (2) donna la théorie du diabète et de la formation du sucre qui a été reproduite dans ces dernières années comme neuve, mais n'en diffère que par plus de précision quant à la détermination des substances qui se saccharifient et de celles dont la présence détermine l'acte par lequel a lieu la fixation d'eau. Il est à remarquer aussi qu'en prenant plus de précision, ces hypothèses chimiques sur le lieu et le mode de formation du sucre dans le diabète se sont trouvées s'éloigner d'autant de ce qui a été reconnu, par expérience directe sur les animaux, se passer réellement dans l'organisme. Il est, en effet, naturel de reconnaître que dès l'instant où l'on établit un raisonnement chimique sur les actes qui se passent dans l'organisme, sans se laisser guider par les relations et la constitution réelle des humeurs, tissus, organes et appareils qui sont en jeu, sans constater par expérience quelles sont les conditions de formation que chacun d'eux présente; il est tout naturel, disons-nous, de voir ce raisonnement chimique s'éloigner d'autant plus de ce qui a lieu dans l'organisme qu'on le fait davantage se rapprocher de ce qui se passe quand on expérimente au dehors.

Voici maintenant ce que dit Fourcroy : « Je regarde la saccharification végétale comme une espèce de fermentation qui précède celle que Boerhaave comptait comme la première, la fermentation vineuse, qu'il nommait spiritueuse. La germination de toutes les céréales qui, comme l'orge, deviennent foliées en germant consiste spécialement dans cette espèce de fermentation ; je la retrouve également dans la maturation des fruits, surtout après qu'arrachés à l'arbre, on les conserve dans un fruitier. Je rapproche ce phénomène de ce qui se passe dans la cuisson d'un grand nombre de substances végétales, et particulièrement des navets, des oignons, etc., qui deviennent beaucoup plus sucrés par cette opération qu'ils ne l'étaient naturellement. Enfin, je vois un effet analogue non seulement dans l'espèce d'altération de la digestion qui précède et accompagne le diabète sucré, mais encore dans la formation du lait chez les nourrices; je ne pense pas que ce qu'on nomme le sucre de lait, et qui n'est qu'une première ébauche de matière sucrée, vienne immédiatement des aliments, comme l'ont supposé si gratuitement les physiologistes, mais que cette substance se forme en partie par la digestion et en partie dans l'organe mammaire des femmes qui allaitent. Je vois donc la formation du sucre

(1) J. Rollo, *Traité du diabète sucré, des affections gastriques et des maladies qui en dépendent*, trad. de l'anglais par Alyon, avec des notes du citoyen Fourcroy, in-8. Paris, an VI, p. 63.

(2) Fourcroy, *Sur la formation du sucre*, dans Rollo, *Traité du diabète*, trad. par Alyon, in-8°. Paris, an VI, note, p. 151-152.

comme un phénomène général que présentent fréquemment les matières organiques et les substances végétales. Elle est souvent due à une espèce de fermentation qui précède toutes les autres; mais elle peut être due encore à d'autres causes: c'est en général une oxydation qui sépare et isole une portion de carbone, en tirant d'ailleurs une plus grande proportion d'oxygène. » Fourcroy ne dit rien de plus dans son *Système de chimie* (1).

Cadet constata aussi la présence du sucre dans l'urine diabétique (2). Nicolas et Gueudeville furent les premiers qui en France firent des recherches originales sur ce sujet; ils constatèrent la présence d'un sucre qui conservait l'aspect muqueux, bien qu'il eût la saveur du sucre. Ils furent les premiers qui avancèrent qu'avec le sucre on ne trouve pas sensiblement d'urée ni d'acide urique. Ils donnèrent au diabète le nom de *phthisurie sucrée* (3). MM. Dupuytren et Thenard montrèrent que le sucre diabétique donne par la fermentation de l'alcool et de l'acide carbonique, comme le sucre ordinaire, et que sa quantité diminue dans les urines sous l'influence d'une nourriture animale. Ils pensent que c'est dans les reins qu'a lieu la formation du sucre, car ils n'ont pu trouver de ce principe dans quelque humeur que ce soit, en les suivant depuis l'intestin jusqu'au rein. Ils croient aussi à la disparition de l'urée et de l'acide urique dans cette maladie. Ils admettent deux sucres, l'un sapide, l'autre insipide (4).

Rose trouva également du sucre dans l'urine des diabétiques (5), ainsi que Bostock. Celui-ci trouva un peu d'urée en même temps que le sucre (6). Il a observé aussi que l'usage d'une nourriture animale faisait diminuer la quantité de sucre. Watt a vu des urines contenant tant de sucre qu'elles ressemblaient à un sirop un peu clair (7). John trouva du sucre dans l'urine; il la considère comme n'étant pas acide quand elle est chaude, mais le devenant par le refroidissement. Il croit que l'urée diminue ou disparaît quand le sucre existe (8). M. Chevreul est le premier qui ait reconnu que le sucre de diabète est semblable au sucre de raisin. Par concentration d'une urine diabétique, il obtint de petits cristaux semblables

(1) Fourcroy, *Syst. de chim.*, in-8°. Paris, an IX, t. X, p. 178.

(2) Cadet, *Neues algem. Journ. der Chem.*, 1803, t. I, p. 352.

(3) Nicolas et Gueudeville, *Recherches chimiques et médicinales sur le diabète sucré, ou phthisurie sucrée* (*Ann. de chimie*, 1802, t. XLIV, p. 45).

(4) Dupuytren et Thenard, *Mém. sur le diabète sucré* (*Ann. de chim.*, 1806, t. LIX, p. 41).

(5) Rose dans Gehlen, *Neues algemeines Journ. der Chem.*, 1806, t. VI, p. 21.

(6) John Bostock, *Two cases of diabetes with observations on the different states of this disease* (*Mem. of the medico-chirurgical Society of London*, 1806, in-8°, vol. VI, p. 237).

(7) Watt, *Cases of diabetes mellitus, consomption*, etc., in-8°, 1808, p. 174.

(8) John, *Chemische Untersuchungen vegel. animal. und mineral. Kœrpers*, in-8°. Berlin, 1810, p. 105.

à ceux qui se produisent dans le sucre de raisin; il les fit égoutter, les soumit à la presse, puis les fit dissoudre dans l'alcool bouillant. Par évaporation spontanée, il obtint des cristaux parfaitement blancs, qui, examinés comparativement avec le sucre de raisin, offrirent les mêmes caractères de saveur, cristallisation, solubilité dans l'eau et l'alcool, et la propriété de se fondre à une douce chaleur (1). M. W. Henry montra le premier que, contrairement à l'opinion reçue, le sucre des diabétiques pouvait cristalliser (2). Prout montra le premier que l'urine des diabétiques contenait de l'urée, de l'acide urique, en même temps que du sucre (3). MM. Vauquelin et Ségalas ont trouvé 1/7e de sucre dans l'urine d'un diabétique et pas dans le sang ni dans la salive (4). M. Calloud a fait connaître le premier (5) qu'en évaporant un sirop fait avec du sucre de diabète auquel on ajoute du sel marin, on obtient une combinaison formée de 1 équivalent de chlorure de sodium et 1 équivalent de sucre de diabète. Cette combinaison donne de gros cristaux rhomboédriques, incolores, transparents, fragiles, peu solubles dans l'alcool, d'une saveur à la fois douce et salée. Tiedemann et Gmelin sont les premiers qui aient indiqué la présence d'un peu de sucre durant la digestion des matières féculentes dans l'estomac d'une oie (6). Prout a vu également du sucre dans l'urine chez des sujets dyspepsiques âgés et goutteux (7). Ambrosioni a le premier retiré du sucre cristallisé (9 grains dans une livre de sang, et 30 grammes de sirop sucré, fermentescible, non cristallisable) du sang des diabétiques (8). Thomson dit que le sucre de diabète ne cristallise que rarement, et il croit avoir trouvé une nouvelle espèce de sucre de diabète qui cristallise en prismes obliques rhomboïdaux, à quatre pans, solubles dans l'alcool, blancs, transparents, ne ressemblant pas au sucre candi (9). Ce principe a été trouvé aussi dans le

(1) Chevreul, *Note sur le sucre de diabète* (*Bulletin de la Société philomatique*, Paris, in-4°, 1815, p. 148).

(2) W. Henry, *Experiments on the urine discharged in diabetes mellitus, with remarks on that disease* (*Medico-chirurg. transactions*, London, in-8°, 1817, t. II, p. 119).

(3) W. Prout, *Observations on the nature of some of the principles of the urine* (*Medico-chirurgical transactions*, London, in-8°, 1818, t. VIII, p. 526).

(4) Vauquelin et Ségalas, *Note sur le diabète sucré* (*Journ. de physiol. expériment. et pratique*, par F. Magendie, in-8°, 1824, t. IV, p. 355).

(5) Calloud, *Note sur la combinaison du chlorure de sodium avec le sucre de diabétique et celui de raisin* (*Journal de pharmacie*, Paris, 1825, in-8°, t. XI, p. 562).

(6) Tiedemann et Gmelin, *Rech. sur la digestion*, trad. par Jourdan. Paris, 1827, t. II, p. 225.

(7) Prout, *London medical gazette*, 1831, p. 185.

(8) Ambrosioni, *De l'existence du sucre dans les urines et dans le sang des diabétiques* (*Journ. de chim. méd.*, 1836, t. II, p. 130).

(9) Dans Rollo, *Traité du diabète*, in-8°, 1798.

sang par Rees, qui en a trouvé 1,80 pour 1000 (1). On sait, du reste, que Rollo, Cruishank et Pearson admettaient, mais par hypothèse seulement, la présence du sucre dans le sang des diabétiques. Henry et Soubeiran n'ont pu retrouver de sucre dans le sang des diabétiques (2). Maitland a pu également en extraire du sang (3).

M. Péligot a trouvé 10 pour 100 de sucre de diabète dans l'urine rendue par un malade du service de M. Rayer. L'analyse élémentaire lui a prouvé que sa composition élémentaire était la même que celle du sucre de raisin et du sucre d'amidon obtenu par l'action de l'acide sulfurique (4).

M. Bouchardat, en 1838, crut avoir démontré que chez les diabétiques la quantité du sucre des urines est en raison directe de celle des aliments sucrés et féculents dont le malade fait usage, qu'il en est de même de la soif; que le sucre se fait dans l'intestin des diabétiques de la même manière qu'on en peut faire dans nos laboratoires en mettant de l'amidon en présence de la diastase, de la fibrine altérée, de la levûre, etc. Nous avons déjà dit que si, lorsque les aliments sont amylacés, il peut passer plus de sucre dans l'urine, cela ne tient pas à une formation exagérée de sucre dans l'intestin, car il ne s'ensuit pas de là que des traces, et les aliments ne séjournent pas assez pour que la fécule passe ainsi en totalité ou à peu près à l'état de sucre. C'est la formation du sucre dans le foie qui est exagérée, soit par suite d'une lésion du poumon, dont l'impression, transmise par le pneumogastrique à la moelle allongée, détermine par action réflexe une exagération de sécrétion glucosique par le foie, soit par suite d'une lésion cérébrale qui fait que les impressions normales, transmises du poumon à la moelle allongée, y déterminent une réaction exagérée qui s'exerce sur le foie. Si donc les aliments amylacés déterminent l'arrivée de plus de sucre dans les urines, c'est que, en traversant le foie, la dextrine ou fécule devenue soluble y passe à l'état de sucre du foie qui s'ajoute à celui qui est sécrété par l'organe. M. Bouchardat annonce avoir retrouvé les deux espèces de sucre décrites par M. Thenard et Dupuytren (5). Les mêmes idées sans faits nouveaux concernant l'étude du glucose se trouvent reproduites dans les diverses publications de M. Bouchardat consécutives à celles que nous venons de citer (6), et même dans son travail le plus récent, posté-

(1) Rees, *Résultat de l'anal. du sang des diabétiques* (*Journ. de chim. méd.*, 1839, t. V, p. 65).

(2) Henry et Soubeiran, *Rech. anal. sur le sang d'un diabétique* (*Journ. de chim. méd.*, 1826, t. XII, p. 320).

(3) Maitland, *London medical gazette*, 1836.

(4) Péligot, *Rech. sur la nature et les propriétés chimiques des sucres* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1837, t. LXVII, p. 136).

(5) Bouchardat, *Nouv. recherch. sur la nature et le traitement de la maladie connue sous le nom de diabète* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1838, in-4°, t. VI, p. 337).

(6) Bouchardat, *Monographie du diabète sucré ou glucosurie* (*Annuaire de

rieur de trois années aux recherches de M. Cl. Bernard citées précédemment. On comprend qu'il serait inutile pour nous de les répéter ainsi.

Mac-Grégor a vu le sucre dans le sérum du sang et l'a fait fermenter avec la levûre, dans la salive et le suc gastrique des diabétiques, ainsi que dans les matières fécales, mais pas dans la sueur (1) ; l'urée existe en même temps ; elle n'est pas influencée par la quantité de sucre, mais par le régime. Rees est arrivé aux mêmes résultats pour le sang (2).

M. Biot a fait voir que le sucre de diabète polarisait la lumière à droite, ce qui permet de reconnaître ce principe dans l'urine lors même qu'il existe en petite quantité ; nul autre principe ne polarise (3). Ainsi l'albumine polarise à gauche, mais on peut en débarrasser l'urine par la chaleur. Le sucre de diabète, comme celui d'amidon, n'est pas interversible par les acides. M. Bouchardat a montré que le *sucre insipide*, admis par Dupuytren et Thenard, et admis par lui-même comme une espèce à part, n'est autre chose qu'un mélange de lactate d'urée, de lactate de soude, de chlorure de sodium et de matières extractives (4). Venables cite deux observations dans lesquelles les urines rendues contenaient avec le sucre de la matière grasse et de l'urée, dont tantôt l'un, tantôt l'autre prédominait (5).

M. Biot a vu des traces de sucre chez des individus bien portants. On sait que le sucre d'amidon et le sucre diabétique polarisent à droite, comme le sucre de raisin directement extrait polarise à gauche. M. Biot crut d'abord que ce sucre-là était différent du sucre de diabète, mais il a reconnu depuis que le sucre de raisin, une fois cristallisé et redissous, pola-

thérap., Paris, 1841, in-32, p. 159).—*Nouvelles recherch. sur le diabète sucré ou glucosurie* (*Ann. de thérap.*, Paris, 1842, in-32, p. 266). —*Nouv. mémoire sur la glucosurie* (*Supplément à l'Ann. de thérap.*, Paris, 1846, in-32, p. 162). —*Considérat. sur la nature de la glucosurie*, etc.; *Réponse à diverses critiques se rapportant à mes rech. sur la glucosurie* (*Ann. de thérap.*, Paris, 1848, in-32, p. 227 et 252). —*Nouv. recherch. sur la glucosurie* (*Bull. de l'Acad. de méd.*, 1850, t. XV, p. 558). M. Bouchardat a résumé tous ces travaux dans un mémoire intitulé : *Du diabète sucré ou glucosurie, son traitement hygiénique* (*Mém. de l'Académie nation. de médecine*, Paris, 1852, in-4°, t. XVI, p. 69 à 212).

(1) Mac-Grégor, *Rech. expér. sur l'état comparatif de l'urée en santé et en maladie, et sur l'origine du sucre dans l'état de maladie* (*Journ. de chim. méd.*, 1840, t. VI, p. 17).

(2) Rees, *Guy's hospital reports*, n° 7, oct. 1835.

(3) Biot, *Sur l'emploi des caractères optiques comme diagnostic immédiat du diabète sucré* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sc. de Paris*, 1840, in-4°, t. XI, p. 1028).

(4) Bouchardat, dans Biot, *loc. cit.*, 1840, p. 1029, et *Monographie du diabète sucré* (*Ann. de thérap.*, Paris, 1841, p. 159).

(5) Venables, *London medical gazette*, avril 1839, p. 36.

rise aussi à droite comme les précédents, et non plus à gauche comme lorsqu'il n'avait pas cristallisé (1).

Simon extrait le sucre de diabète à l'état pur en ajoutant à l'urine évaporée à consistance de sirop quatre à six fois son poids d'alcool anhydre, qui précipite la plus grande partie du sucre qu'on lave avec une nouvelle quantité d'alcool. On redissout ensuite avec un peu d'eau et l'on précipite le mucus et les sels par l'alcool ; la dissolution est alors filtrée et évaporée à siccité, et l'on reprend le sucre par l'alcool concentré bouillant, qui, évaporé à son tour, donne le sucre de diabète pur (2). Il est inutile de s'arrêter à l'opinion de J. Budge qui pense que le sucre se forme déjà en grande partie dans l'estomac aux dépens des aliments végétaux, et qu'en vingt-quatre heures il s'en forme là 750 grammes qui pénètrent en partie dans les vaisseaux et passent en partie dans l'intestin grêle pour y être absorbés (3).

En 1844, M. Mialhe publia une hypothèse chimique sur le passage du sucre dans l'urine des diabétiques, différente de celle de M. Bouchardat. Il admit que les sucres, la dextrine, ne peuvent être assimilés qu'après avoir été transformées en d'autres produits par l'action des alcalis du sang (4). Cette transformation n'ayant pas lieu, le sucre passe dans les urines, d'où la nécessité d'employer les alcalins comme moyen de traitement de cette maladie ; l'emploi des aliments azotés n'est qu'un palliatif, et en employant les alcalins, on peut manger des substances amylacées sans que le sucre augmente. Cette hypothèse tombe devant le fait de la réaction du sang des diabétiques qui est la même qu'à l'état sain ; et devant cet autre fait, vu par M. Cl. Bernard et rappelé par M. Pelouze, à propos de la communication de M. Mialhe, que le sucre de canne traité par le suc gastrique et injecté dans le sang ne reparaît pas dans les urines, tandis qu'il passe dans l'urine s'il n'a pas été traité de la sorte (5).

M. Contour a cherché en vain du sucre dans les urines des sujets phthisiques (6). En 1845 parut le travail de MM. Bouchardat et Sandras, dans lequel ils montrèrent que les matières féculentes passent à l'état de dex-

(1) Biot, *Gaz. méd. de Paris*, 1841, in-4°.

(2) Simon, *Handbuch der medicinischen Chemie*. Berlin, 1840, in-8°, t. I, p. 521.

(3) J. Budge, *De la composit. et de la décomposit. du sucre dans l'économie animale* (*Gaz. méd. de Paris*, 1844, in-4°, p. 829).

(4) Mialhe, *Aperçu théorique sur la cause de la maladie désignée sous le nom de diabète sucré ou de glucosurie* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1844, t. XVIII, p. 707).

(5) Pelouze, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1844, in-4°, t. XVIII, p. 707.

(6) Contour, *Sur le diabète sucré*. Thèses de Paris, 1844, in-4°, p. 45.

trine et donnent des traces de glucose dans l'intestin (1). Ils ont vu, de plus, que la salive déterminait cette action, mais que c'est surtout le fluide pancréatique qui déterminerait cette action, et il aurait pour agent principal une matière azotée coagulable par l'alcool, qu'il renferme. Le tissu du pancréas a la même action, tandis que les glandes salivaires ont une action bien plus faible (2). Mais on sait actuellement que toute matière azotée quelconque après quelques heures de contact avec l'air, et que tous les liquides des muqueuses, jouissent de la propriété de déterminer les catalyses dextrinique et glucosique (voyez t. I, p. 512) ; seulement cette propriété est un peu plus ou un peu moins rapide, selon qu'il s'agit de tel ou tel tissu, ou bien d'une partie profonde ou d'une muqueuse qui a été au contact de matières provenant du dehors, comme la muqueuse intestinale. M. Mialhe a cherché à montrer que la salive a la propriété de déterminer la formation de la dextrine et du glucose à l'aide de la fécule cuite (3). Il a voulu aussi rapporter cette action exclusivement à un seul principe, azoté, coagulable, qu'il extrait de la salive et nomme *diastase animale* ou salivaire. Ce n'est là rien autre chose que la matière albumineuse de la salive déjà modifiée par le contact de l'air. Toute matière azotée qui a subi le contact de l'air agit de la même manière quand on se place dans les mêmes conditions de temps, d'humidité et de température ; la muqueuse du rectum elle-même agit comme la salive.

M. Lassaigne a vu aussi que la salive n'a aucune action sur l'amidon cru, mais transforme en une demi-heure, à 20 degrés, l'amidon cuit, partie en dextrine et partie en glucose ; néanmoins la couche extérieure des globules conserve encore la propriété de se colorer en bleu violet par l'iode (4). M. Lassaigne a vérifié également les expériences de MM. Bouchardat et Sandras, relatives à l'action du tissu pancréatique sur la fécule. Il a vu qu'elle était nulle après quatre heures sur la fécule crue ; sur la fécule transformée en empois, à la température de 74 degrés, le tissu pancréatique détermine la formation de dextrine, et d'un peu de glucose en maintenant le mélange à la température de 75 degrés (5). Ainsi, comme on le voit, toutes ces expériences ne rendaient compte que de la formation de

(1) Bouchardat et Sandras, *De la digestion des matières féculentes et sucrées, et du rôle que jouent ces subst. dans la nutrition* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1845, t. XX, p. 143, 303 et 1026).

(2) Bouchardat et Sandras, *Des fonctions du pancréas et de son influence dans la digest. des féculents* (*loc. cit.*, 1845, t. XX, p. 1085).

(3) Mialhe, *Sur la digestion des substances sucrées et amylacées* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, in-4°, t. XX, p. 247-367, 954 et 1485).

(4) Lassaigne, *Action de la salive pure sur l'amidon* (*loc. cit.*, Paris, 1845, t. XX, p. 1347).

(5) Lassaigne, *Action du tissu pancréatique du cheval sur l'amidon* (*loc. cit.*, 1845, t. XXI, p. 362).

la dextrine et seulement que d'une petite quantité de glucose ; et il restait encore à voir où la dextrine passait à l'état de sucre, ce qui probablement a lieu dans le foie, ainsi que nous l'avons vu. On ne saurait en effet attribuer plus de valeur à la découverte, par M. Bouchardat (1), de la *diastase animale* dans le liquide gastrique vomi par un diabétique, qu'à celle de cette substance dans la salive ; diastase qui serait assez active pour que les diabétiques pussent dissoudre la fécule crue, tandis que l'homme sain ne la digère pas.

Thomson de Glascow paraît être le premier qui ait annoncé la présence du sucre dans le sang à l'état normal chez les animaux nourris de féculents (2). Van der Broek dit avoir trouvé du sucre dans la bile d'un lapin et dans celle d'un chien; cependant il n'a pu en retrouver dans celle d'autres lapins ni dans celle de bœuf (3). M. Magendie (4) a fait voir que tous les liquides de l'économie, l'urine acide, le sperme, la bile, le sang, ont la propriété de transformer l'amidon cuit en dextrine et en glucose. Les infusions aqueuses faites à 40 degrés avec le cerveau, le cœur, les poumons, le foie, les reins, la rate, les muscles, toutes les membranes, etc., ont la même propriété. Le sérum frais détermine cette transformation de l'empois en dextrine et sucre déjà en un quart d'heure, à la température de 38 à 40 degrés. En quatre heures 200 grammes de sang frais transforment complétement 5 grammes d'empois en dextrine et en amidon. En injectant de l'empois par la veine jugulaire des lapins ou des chiens, au bout de quelques minutes on trouve du sucre et de la dextrine dans leur sang ; la proportion de sucre va en augmentant pendant plusieurs jours. Le sucre se trouve du reste dans le sang des chiens et des chevaux simplement nourris de pommes de terre et d'avoine. Sur un sujet qui avait été diabétique, atteint de rétention d'urine avec d'abondantes sueurs, Landerer reconnut la présence du sucre dans ce dernier liquide (5).

Contrairement à un fait négatif de MM. Bouchardat et Sandras qui voulaient voir dans le sucre pancréatique le principe qui détermine la formation de glucose aux dépens de l'amidon, Strahl a reconnu non seulement que l'infusion du foie transforme l'empois en dextrine et en glucose, mais que le parenchyme du foie écrasé agit de même dans l'espace de quatre heures (6), fait que Marchand avait déjà noté. M. Poirson a vu que la

(1) Bouchardat, *Mém. sur le diabète sucré* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, in-4°, t. XX, p. 1020).

(2) Thomson, *On the digestion of vegetable albumen, fat and starch* (*Philosophical magazine*, 1845, vol. XXVI, p. 323 et 418).

(3) Van der Broek, *Hollandischen Beitrægen*, von Van Deen, Donders und Moleschott, 1846, t. I, p. 182.

(4) Magendie, *Sur la présence normale du sucre dans le sang* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1846, in-4°, t. XXIII, p. 189).

(5) Landerer, *Repertorium für die Pharm.*, 1846, t. XLVII, p. 56.

(6) Strahl, *Arch. der Pharm.*, 1847, t. CII, p. 195.

sueur des cholériques réduit l'oxyde de cuivre dissous dans le tartrate de potasse, d'où il conclut à l'existence probable du glucose dans ce liquide (1). Nous ne reviendrons pas ici sur les travaux de M. Cl. Bernard que nous avons cités déjà précédemment.

M. Cl. Bernard a montré que le plus souvent il ne se forme que d'une manière équivoque du sucre dans l'estomac ou il s'en forme à peine. Il fait remarquer, de plus, d'après ses expériences, qu'une réaction acide empêche totalement la transformation des matières amylacées sous l'influence d'un ferment animal, tandis que le suc gastrique du chien rendu neutre ou alcalin agit sur l'amidon cuit. C'est ce qui a lieu dans l'intestin après mélange, avec la bile et le suc pancréatique, des matières alimentaires venant de l'estomac, dès lors le suc intestinal agit sur l'amidon comme tout liquide quelconque normal ou morbide, neutre ou alcalin, d'origine animale. La salive mixte de l'homme, la muqueuse buccale elle-même après avoir été lavée et mise à l'air quelques heures, déterminent la formation de dextrine et de glucose plus rapidement que celle du chien. Il faut, du reste, toujours plusieurs heures pour que cette action ait lieu, à moins d'agir sur l'eau d'empois ; aussi il ne peut certainement pas y avoir d'amidon formé à l'aide de la salive quand le bol arrive dans l'estomac (2). M. Cl. Bernard a reconnu que la salive parotidienne du chien n'agit pas sur l'amidon comme le fait la salive mixte, fait déjà observé chez le cheval par MM. Magendie et Rayer (3). Une expérience faite avec la salive parotidienne de l'homme par M. Mialhe, et rapportée par M. Bérard, paraît montrer le contraire de ce qui précède (4) et que cette salive agit comme salive mixte. Mais nous tenons de M. Galliet, interne du service dans lequel fut recueillie cette salive, que le malade qui portait la fistule parotidienne avait eu un abcès de la joue, par l'ouvertue duquel coulait la salive ; celle qui servit à l'expérience était, comme tout le liquide qui s'écoulait par la fistule, mêlée de pus déjà altéré et fétide comme celui de beaucoup d'abcès exposés à l'air ; cette expérience est donc insignifiante. M. Stass a trouvé dans l'eau allantoïdienne de la vache du sucre de raisin, fait déjà observé par M. Bernard, plus de l'albumine, de la fibrine, de la caséine, et les sels de l'urine de vache, moins les hippurates (5). M. Donaldson a donné la formule suivante d'un liquide destiné à faire retrouver le sucre dans le sang et l'urine :

(1) Poirson, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1849, in-4°, t. XXIX, p. 422.

(2) Cl. Bernard, *Mém. sur le rôle de la salive dans les phénom. de la digest.* (*Arch. gén. de méd.*, Paris, 1847, t. XIII, p. 5 et suiv.).

(3) Rayer et Magendie, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1845, in-4°, t. XXI, p. 902.

(4) Bérard, *Cours de physiol.* Paris, 1849, in-8°, t. II, p. 403.

(5) Stass, *Note sur les liquides de l'amnios et de l'allantoïde* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1850, in-4°, t. XXXI, p. 629).

Carbonate de soude cristallisé	5	gram.
Potasse caustique	5	—
Bitartrate de potasse	6	—
Sulfate de cuivre cristallisé	4	—
Eau distillée	32	—

Il suffit d'en verser quelques gouttes dans le liquide et de chauffer à la lampe; au bout de quelques minutes le liquide devient vert-jaunâtre et d'autant plus jaune-rougeâtre que la proportion du sucre est plus grande (1).

M. Bouchardat (2), ayant suivi trois diabétiques soumis au régime exclusif du sucre de canne, a vu que ce corps ne changeait rien à la déviation à droite que produisent les urines glucosiques, et qu'en un mot ce sucre chez eux n'arrive pas en nature dans les urines, mais à l'état de sucre de diabète. On ne comprend pas comment, après les expériences déjà citées de M. Cl. Bernard *sur l'assimilation du sucre de canne*, publiées déjà depuis deux ans, M. Bouchardat ait pu dire sans discussion aucune que « rien de ce que nous connaissons ne peut nous en donner (du passage du sucre de canne à l'état de glucose) une explication satisfaisante. »

D'après M. Reynoso, les médicaments hyposthénisants préserveraient une partie du sang de l'action de l'oxygène dans le poumon; il en résulterait d'après lui que ces médicaments occasionneraient le passage du sucre dans les urines. Il en serait de même chez les chiens soumis à un traitement par l'arsenic, le plomb, le sulfate de fer, les malades traités par le sous-carbonate de fer. Lorsque la respiration viendra à être troublée soit par une maladie propre du poumon ou par l'effet d'une autre maladie qui jette quelque trouble dans son accomplissement normal, il y aura du sucre dans les urines. Ce chimiste dit en avoir constaté chez les tuberculeux dans la pleurésie, la bronchite chronique. Il en serait de même dans l'asthme, l'hystérie et l'épilepsie (3). Pourtant M. Michéa n'a pu en trouver dans quatre cas d'hystérie, deux d'épilepsie et sept de *delirium tremens* (4).

Ainsi, bien que la présence de l'air dans le sang ne soit pas nécessaire pour le passage à l'état d'acide lactique en peu de temps du glucose dans le sang, tout de suite on voit dans le passage du sucre dans l'urine un fait de non combustion de ce principe, lorsqu'on se place au point de vue purement chimique. Le poumon est malade, des médicaments *hyposthénisants* sont administrés, et d'autre part du glucose existe dans

(1) Donaldson, *Réactif pour découvrir le sucre dans les liquides animaux* (*Journ. de chim. méd.*, 1851, in-8°, t. VII, p. 641).

(2) Bouchardat, *Du diabète sucré* (*Mém. de l'Acad. nat. de méd.*, Paris, in-4°, 1851, t. XVI, p. 13).

(3) A. Reynoso, *Note sur la présence du sucre dans l'urine* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1851, t. XXXIII).

(4) Michéa, *Sur l'absence du sucre dans l'urine d'individus atteints de diverses névroses* (*loc. cit.*, Paris, 1851, in-4°, t. XXXIII).

l'urine ; donc il n'y a plus combustion du sucre dans le sang, et c'est là la cause de son accumulation et de son passage dans l'urine. Les faits extrêmes seuls sont pris en considération ; mais des faits intermédiaires si complexes relatifs au système nerveux dont nous avons parlé (p. 548-549), il n'en est pas question, ils ne sont pas pris en considération. Il est pourtant impossible ici d'arriver à la vérité si l'on ne se laisse guider par la disposition anatomique des parties, par la connaissance de leur manière d'agir. Il est bien possible qu'alors l'exposition du fait soit moins simple, moins facile peut-être ; elle devient pourtant plus satisfaisante, parce qu'on sent alors qu'entre le fait du poumon malade ou excité et la sortie du sucre par le rein, on n'a rien négligé dans les relations organiques existant entre le poumon et le cerveau, puis entre celui-ci et le foie d'une part, par d'autres nerfs ; puis le rein en dernier lieu qui est influencé en même temps.

C'est ce qu'a bien senti M. Cl. Bernard lorsqu'il dit (1) : « Tout récemment on a pensé appuyer la théorie chimique de la combustion incomplète du sucre en annonçant que l'éthérisation et les causes qui diminuent la respiration en asphyxiant peuvent faire apparaître l'urine sucrée. Mais cela ne prouve pas que le passage du sucre dans l'urine dépend de la combustion incomplète dans le poumon. » En effet, un des moyens les plus certains et les plus puissants pour diminuer l'énergie respiratoire consiste à couper les deux nerfs vagues dans la région du cou ; or jamais dans ses nombreuses expériences M. Cl. Bernard n'a vu cette opération amener du sucre dans l'urine. L'éther et les autres moyens employés ont agi comme agit le chlore, c'est-à-dire en irritant le poumon ; l'irritation est transmise au cerveau par le pneumogastrique, et il y a réaction sur le foie par le grand sympathique. M. Cl. Bernard fait remarquer qu'on s'est trompé quand on a supposé qu'il pique la moelle allongée de manière à diminuer la respiration par une blessure qui intéresserait le point de la moelle le plus spécialement en rapport avec les phénomènes respiratoires. C'est plus haut qu'il pique, et lorsqu'on blesse la moelle au niveau de l'endroit ci-indiqué (*nœud* ou *point vital*), non seulement on ne détermine pas l'apparition du principe sucré, mais on le fait complétement disparaître même dans le foie.

Baumert a vérifié la présence du sucre dans le foie ; il en a par fermentation retiré 3 scrupules et 1/8e d'alcool, ayant 0,89 en poids spécifique. Il en retrouve aussi chez des chiens, renards et chats nourris depuis longtemps de viande. Il considère comme inadmissible l'opinion qui voudrait que ce sucre fût un reste de matières amylacées antérieurement ingérées, parce que celles-ci sont rapidement changées en sucre, une fois pénétrées dans l'économie. Il a vérifié les expériences de M. Bernard relatives aux particularités offertes par les divers sucres injectés

(1) Cl. Bernard, *Sur les causes de l'apparition du sucre dans l'urine* (*Comptes rendus et mém. de la Soc. de biologie*, 1851, in-8°, p. 114).

dans le sang des lapins. Lorsqu'on injecte du glucose, les urines sont toujours alcalines et dégagent des gaz par les acides. Une heure après avoir injecté du sucre de lait dans le sang, il pouvait l'y retrouver et l'obtenir à l'état cristallin (1).

Lehmann a également constaté la présence du sucre dans le sang des veines sus-hépatiques du cheval, et pas dans celui de la veine porte, si ce n'est une fois, où il en trouva des traces. Il conclut que ses expériences confirment les recherches de Bernard sur la formation du sucre dans le foie (2).

M. Reynoso a observé que les composés de plomb, d'arsenic et le sulfate de quinine, administrés à l'intérieur, font apparaître du sucre dans l'urine. MM. Cl. Bernard et Barreswill ont vu qu'en injectant du sucre pur dans le sang il passe dans les urines, mais que si on l'injecte dissous dans le suc gastrique, on n'en retrouve pas. Cette expérience fait penser à M. Barreswill que le sucre n'est pas directement oxydé, brûlé dans le sang, mais qu'il y subit un dédoublement du genre des fermentations qui peut être entravé par les composés métalliques et le sulfate de quinine, comme la fermentation alcoolique est entravée par l'éther; d'où alors apparition du sucre dans l'urine (3).

CHAPITRE LXI.

SUCRE DE LAIT.

Synonymie: *Sel de lait*, *lactose* (4), *lactine*.

1151. — Ce principe existe dans le lait de tous les mammifères, tant herbivores que carnivores. On ne l'a pas rencontré dans d'autre humeur.

1152. — Sa présence dans l'économie n'est que temporaire; il apparaît pour la première fois après la puberté, et sa durée est limitée à quelques mois ou quelques années, avec des interruptions dans l'intervalle de chaque grossesse, à l'exception des animaux domestiques, comme les vaches et les ânesses laitières.

(1) Baumert, *Ueber das Vorkommen der Zuckers im thierischen Organismus* (*Casper's Wochenschrift*, 1851, n° 41).

(2) Lehmann, *Einige vergleichende Analysen der Pfortader und Leber venenblutes* (*Journ. für prakt. Chemie*, von Erdmann, 1851, t. LIII, p. 205).

(3) Barreswill, *Sur la présence du sucre dans l'urine* (*Journ. de chim. et de pharm.*, 1852, t. XXI, p. 27).

(4) Dumas, *Traité de chimie*, Paris, 1843, in-8°, t. VI, p. 293).

1153. — La quantité de ce principe varie suivant les espèces animales et un grand nombre de conditions physiologiques. Il y en a dans le lait de bouc dont les mamelles se sont développées (1), mais la quantité n'a pas été notée. Le plus riche en sucre est le lait d'ânesse.

Lait d'ânesse. Moyenne de 16 analyses (2)	6,29		p. 100.
— de femme (Simon (3), Haidlen (4), Clemm (5).	3,20 à 6,24		—
— de vache (6), un peu plus de	3,40 à 4,30		—
— — [chiffre trop fort] (Poggiale) (7)	5,28		—
— d'ânesse (*Id.*)	4,50		—
— de jument (*Id.*)	8,70		—
— de chèvre (*Id.*)	4,40		—
— de brebis (*Id.*)	4,20		—
Colostrum de femme immédiatement après l'accouchement (Simon)		7,00	p. 100.
Lait normal de la même femme. Moyenne (*Id.*)		4,82	—
Colostrum de vache [Chevallier et Henry (8)]		traces.	—
— d'ânesse (*Id.*)		4,30	—
— de chèvre (*Id.*)		3,20	—
Lait de vache immédiatement après le part (9)		3,60	—

La quantité du sucre de lait peut un peu varier sous l'influence de la nourriture, mais cette influence est peu marquée :

Anesse nourrie de carottes (Péligot)	6,02	—
— — de betteraves rouges (*Id.*)	6,51	—
— — d'avoine et de luzerne sèche (*Id.*)	6,42	—
— — de pommes de terre (*Id.*)	6,70	—

(1) SCHLOSSENBERGER, *Anal. d'un lait de bouc* (*Ann. der Chem. und Pharm.*, 1844, t. LI, p. 431).

(2) PÉLIGOT, *Mém. sur la comp. chim. du lait d'ânesse* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1836, t. LXII, p. 432).

(3) SIMON, *Die Frauenmilch, nach ihrem chemisch und physiolog. Verhalten.* Berlin, in-8° 1838, p. 35.

(4) HAIDLEN, *Annalen der Chem. und Pharm.*, 1843, t. XLV, p. 263).

(5) CLEMM dans *Handwœrterbuch der Phys.*, von R. Wagner. Braunschweig, 1844, t. II, art. MILCH, von Scherer, p. 464.

(6) LEHMANN, *Lehrbuch der physiol. Chem.* Leipzig, 1850, t. I, in-8° p. 305.

(7) POGGIALE, *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1849, in-4°, t. XXVIII, p. 505.

(8) CHEVALLIER et HENRY, *Mém. sur le lait* (*Journ. de pharm.*, Paris, 1839, t. XXV, p. 333-401).

(9) BOUSSINGAULT et LEBEL, *Rech. sur l'influence de la nourriture des vaches sur la quantité et la constitution chim. du lait* (*Ann. de phys. et de chim.*, 1839, t. LXXI, p. 65).

Vache nourrie de pommes de terre et de foin (Boussingault et Lebel)			3,60	p. 100.
—	—	de foin et trèfle vert (*Id.*)	4,50	—
—	—	de trèfle vert (*Id.*)	4,20	—
—	—	de foin (*Id.*)	4,07	—
—	—	de navets (*Id.*)	5,00	—
—	—	de betteraves (*Id.*)	5,30	—
—	—	de pommes de terre (*Id.*)	5,90	—
—	—	de topinambours (*Id.*)	5,50	—
—	—	de foin et tourteaux (*Id.*)	6,00	—
—	—	de pommes de terre et foin verts (*Id.*)	5,10	—
—	—	de foin et trèfle verts (*Id.*)	4,00	—
—	—	de trèfle vert (*Id.*)	4,70	—
—	—	de trèfle en fleur (*Id.*)	5,20	—

La quantité du sucre dans le lait varie selon que l'animal est resté plus ou moins longtemps sans être trait :

Anesse	après 1 heure 1/2 de sevrage (Péligot)	6,65	p. 100.
—	6 heures (*Id.*)	6,40	—
—	24 heures (*Id.*)	6,33	—
—	6 heures, dans un autre cas (*Id.*)	7,00	—
—	12 heures (*Id.*)	6,70	—

En fractionnant la traite d'une ânesse sevrée depuis neuf heures, en trois portions, M. Péligot a obtenu les résultats suivants :

1re portion	6,50	p. 100.
2e —	6,48	—
3e —	6,45	—

Simon a reconnu que la quantité de sucre diminue chez la femme à mesure qu'on s'éloigne du moment de l'accouchement :

31 août	6,24	p. 100.
1er septembre	5,76	—
8 —	5,23	—
14 —	5,20	—
27 octobre	4,50	—
3 novembre	3,92	—
11 —	3,95	—
18 —	4,54	—
25 —	4,75	—
1er décembre	4,90	—
8 —	4,30	—
16 —	4,40	—
31 —	5,20	—
4 janvier	4,60	—

Simon, Meggenhofen (1) et M. Donné (2) ont reconnu que

(1) Meggenhofen, *Dissertatio sistens indagationem lactis muliebris chemica*. Francfort-sur-le-Mein, 1816, in-8°.

(2) Donné, *Du lait, et en particulier de celui des nourrices*. Paris, 1837, in-8°.

dans quelques maladies, comme la syphilis, la quantité de sucre ne variait pas.

1154. — Le sucre de lait est à l'état liquide par dissolution directe dans l'eau.

Il conserve dans l'économie ses caractères chimiques. C'est ainsi qu'au contact des matières azotées qui ont été un peu altérées par le contact de l'air, il subit avec la plus grande facilité la catalyse lactique. C'est alors que le lait devient acide, par suite de formation, aux dépens de ses principes qui se décomposent, d'un composé chimique qui ne lui est pas propre et n'est pas un principe constituant du lait normal.

Il conserve dans le lait son goût douceâtre. Il jouit des mêmes propriétés organoleptiques internes que le sucre du foie, ou mieux que le sucre de canne, car il passe dans le foie où il est assimilé au glucose ; il y passe à l'état de sucre de diabète.

1155.—Il concourt, avec les principes gras, salins et azotés, à constituer la substance du lait.

1156. — Pas plus que pour le sucre du foie on ne connaît encore les conditions précises de formation du sucre de lait. On ne sait pas nettement quels sont les principes qui cèdent une partie de leurs éléments, qui en se combinant forment le lactose, ni quels sont les nouveaux principes qui se forment au moment où les premiers cèdent une partie de leurs éléments. Il y a, comme on sait : 1° des parenchymes qui sécrètent, ou glandes proprement dites, dont le tissu possède toutes les conditions nécessaires à la formation de quelque principe spécial (ou même de plusieurs, comme le foie), soit cristallisable, soit non cristallin ; 2° il y a des parenchymes qui ne sont pas des glandes, bien que quelquefois on les ait confondus avec celles-ci. Outre un certain nombre de caractères anatomiques spéciaux, on trouve dans ceux-ci, comme particularité physiologique correspondante, différentielle, la propriété de ne fabriquer aucun principe et d'être des organes purement éliminateurs : tels sont le poumon et le rein.

La mamelle est un type des organes appartenant au premier de ces groupes de parenchymes. Elle sécrète et fabrique. Là se trouvent les conditions de formation du sucre de lait, comme dans le foie celles du sucre du foie. Déjà au moins on connaît le lieu précis de la formation, reste à étudier les conditions précises relatives à chaque espèce de principes.

Nous avons vu plus haut que plus le lait reste de temps dans la mamelle, que plus il y a d'intervalle entre les traites, plus la quantité proportionnelle de sucre est petite (il en est de même des autres principes solides du lait) ; cela indique seulement qu'au fur et à mesure qu'avance la sécrétion du lait, à partir d'un moment donné, la quantité formée de ce principe va en diminuant, sans aucun doute, par diminution graduelle des principes qui servent à sa formation. Pour un poids donné de lait, la quantité d'eau se trouve relativement augmentée.

Le sucre de lait normalement ne disparaît pas dans l'organisme même où il est formé. C'est néanmoins un principe récrémentitiel, dont les propriétés organopleptiques internes sont telles (ainsi que nous l'avons vu), qu'en changeant d'état dans l'économie, il est assimilé à quelqu'un des principes normaux de l'organisme.

C'est dans le foie que se trouvent les conditions de sa disparition en tant que sucre de lait, laquelle est un passage à l'état de glucose par fixation d'une certaine quantité d'eau. Peut-être que déjà dans l'estomac le contact du suc gastrique suffit pour lui faire éprouver ces changements ; car on sait que les acides faibles suffisent pour faire éprouver au sucre de lait la catalyse glucosique.

Le contact simultané de l'air et des matières azotées, ou de celles-ci seulement quand elles sont altérées, lui fait subir la catalyse lactique. Il est probable, sinon certain, que dans quelques cas morbides les conditions de ce phénomène se rencontrent dans l'estomac, chez les jeunes enfants qui vomissent un lait caillé fortement acide quelque temps après son ingestion.

1157. Le sucre de lait est probablement le résultat d'actes chimiques indirects ou catalyses dédoublantes de quelques autres principes de l'économie.

Il présente, lorsqu'il est absorbé par l'intestin, des actes physiques d'endosmose, et dans le foie (peut-être même déjà dans l'intestin) il manifeste des actes chimiques indirects de catalyses combinantes qui ont pour résultat la fixation d'eau et son passage à l'état de glucose.

Si les cas morbides dont nous venons de parler sont réels, il présente alors des actes chimiques indirects de catalyse dédoublante, qui ont pour résultat son dédoublement en équivalents d'acide lactique.

1158. — *Caractères chimiques et extraction.* Le sucre de lait est un corps solide; il cristallise en prismes rhomboédriques qui renferment des atomes d'eau; il est dur, et craque entre les dents; il exerce vers la droite, comme le glucose, la rotation du plan de polarisation; il est d'un goût douceâtre et inodore; il se dissout lentement dans 6 parties d'eau froide, plus facilement dans 2 parties d'eau chaude; il est complétement insoluble dans l'alcool absolu et l'éther. Le sucre de lait est décomposé par la chaleur; il fond d'abord, se boursoufle, et dégage une odeur douceâtre particulière. Les acides étendus le transforment en glucose. Sa formule est $C^{24}H^{24}O^{24}$. Pour extraire le sucre du lait, il faut éloigner d'abord la graisse et la caséine; on y parvient en faisant bouillir le lait avec du sulfate de chaux en poudre, qui précipite la caséine. La liqueur filtrée est évaporée, le résidu sec est débarrassé de la graisse par l'éther, puis traité par l'alcool ordinaire bouillant, qui laisse déposer le sucre par le refroidissement.

1159. *Historique.* Découvert en 1619 par Fabricius Bartholet (Bartholettus) ou Bartholdi (1), qui en parle dans son encyclopédie scientifique, le sucre de lait fut décrit ensuite par Ludovico Testi (2), médecin vénitien, auquel on en attribue habituellement la découverte.

Barchusen étudia le sucre de lait, et donna un procédé pour l'obtenir (3) que nous avons indiqué t. I, p. 582. Malouin (4) et Ludolf (5) constatèrent également la présence du sucre dans le lait, appelé à cette époque *sel de lait*; ce dernier tend à le considérer comme de la nature des alcalis. Vulgamoz (6) a fait l'analyse du sel de lait; il le considère

(1) BARTHOLDI. *Hermetic. dogmat.* Bononiæ, 1719. — FABRICIUS BARTHOLDI dans WUILLYAMOZ ou VULGAMOZ, *Dissertatio de sale lactis essentiali.* Lugd. Batavorum, 1756.

(2) LUDOV. TESTI, *Propria relatio de saccharo lactis* (*Eph. naturæ curiosorum*, 1694, cent. III, obs. 33).

(3) BARCHUSEN, *Elementa chemiæ.* Lugd. Batavorum, 1718, in-4°, p. 6.

(4) MALOUIN, *Chim. médicale.* Paris, in-12, 1750, t. I, p. 90.

(5) LUDOLF, *Einleitung in die Chemie.* Erfurth, 1752, in-8°, p. 102.

(6) VULGAMOZ ou WUILLYAMOZ, *Dissertatio de sale lactis essentiali.* Lugd. Batav., 1756.

comme savonneux, unissant les huiles à l'eau, et ayant une grande analogie avec le sucre des cannes à sucre. Haller cite les auteurs précédents, mais, suivant son habitude, sans donner la date de leurs publications; il signale ensuite de la même manière les faits suivants, d'après Navier (*Observations sur l'amollissement des os*, p. 52) et Hoffmann, que nous citons d'après lui, faute d'avoir pu trouver les ouvrages de ces auteurs: 4 onces de lait de femme (1) ont donné de 58 à 67 grains de sel de lait; autant de lait de vache en ont donné seulement 54 grains; celui de chèvre, 47 à 49 grains; celui de jument, 70 grains; celui d'ânesse, 80 à 82 grains, et celui de brebis, 35 à 37.

En 1775, Woltelen publia l'analyse du lait de femme. d'ânesse et de brebis; il examina séparément sa graisse ou beurre, sa matière caséeuse et le sucre de lait : sur 28 onces de petit-lait de brebis, il obtint 1 once et 2 scrupules de sucre (2).

Rouelle (3) appelle, avec les auteurs de son temps, *sucre* ou *sel de lait* le *sel doux et sucré* qu'on obtient par première évaporation du lait. Il admet, avec Baumé (4), qu'il a beaucoup de propriétés communes avec la crème de tartre. Schèele (5) et Macquer (6) le décrivirent également. Stiprian Luiscius et Bondt ont trouvé dans 1,600 parties de lait de femme 117 parties de sucre de lait (7). Boysson en a trouvé 4 gros dans une livre de lait de vache, et 6 gros 2 scrupules dans autant de lait de femme (8). Chaptal l'a également extrait (9). Parmentier et Deyeux ont également trouvé ce principe dans le lait de femme quatre mois après l'accouchement : c'est l'un des plus abondants (10). Ils en ont également trouvé dans le lait de brebis, de chèvre, d'ânesse et de jument. Dans le lait d'une vache nourrie avec des fourrages ordinaires, ils en ont trouvé 6 drachmes et 12 grains, et davantage dans celui d'une autre vache nour-

(1) Navier et Hoffmann dans Haller, *Elementa physiol.* Lausannæ, 1778, t. VII, in-4°, l. XXVIII, § 20, p. 39.

(2) Woltelen, *Observat. chymico-medic. de lacte humano ejusque cum asinino et ovillo comparatione*. Trajecti ad Rhenum, 1775, cap. I, § 17.

(3) Rouelle, *Journ. de méd. de Vandermonde*. Paris, mars 1773, in-12.

(4) Baumé, *Manuel de chim.* Paris, 1763, in-12, p. 426.

(5) Schèele, *Mém. de l'Acad. roy. de Stockholm*, 1780, t. I, p. 110.

(6) Macquer, *Dictionn. de chimie*, Paris, 1778, in-4°, 2e édit.

(7) Stip. Luiscius et Bondt, *Mém. de la Société royale de méd. de Paris*, 1787-1788, p. 525.

(8) Boysson, *Mém. de l'Acad. royale des sciences de Paris*. 1787-1788, in-4°, p. 615.

(9) Chaptal, *Élém. de chim.* Paris, 1790, in-8°, t. IV, p. 522.

(10) Deyeux et Parmentier, *Analyse du lait* (*Ann. de chim.*, 1790, t. VI, p. 183). — *Précis d'expériences et observations sur les différentes espèces de lait*. Paris, 1799.

rie avec des feuilles et des tiges de maïs (1). Ils pensaient que le sucre de lait est formé de sucre et d'acide saccholactique, qu'on pouvait le former de toutes pièces avec ces composés.

Fourcroy a étudié le sucre de lait avec soin, et il a bien montré que c'est par sa fermentation que se forme l'acide lactique; il a nettement indiqué aussi les conditions de température, etc., nécessaires pour en obtenir à volonté la fermentation alcoolique ou la *fermentation lactique*. Il le regarde comme un composé intermédiaire entre la gomme et le sucre; il est, d'après lui, le produit du travail de la digestion. Il se forme chez les carnivores, dans le lait desquels il est même abondant, comme dans celui des herbivores; peut-être est-ce le même principe mucoso-sucré qui se trouve dans l'urine des sujets atteints du diabète miellé ou sucré (2). John crut qu'il existait dans le lait de vache un acide libre en même temps que du sucre de lait (3). Berzelius indique 35 pour 100 de sucre dans le lait de femme (4). Hermstaedt répéta les expériences de Deyeux et Parmentier sur les variations de composition du lait, selon la nature des aliments frais et secs, et reconnut (5) l'augmentation du sucre de lait par suite de l'usage des premiers.

Le nom de *lactine* est donné au sucre de lait par M. Baudrimont, dans sa thèse de concours sur la chimie organique (6). Les chiffres donnés par MM. Chevallier et Henry pour la quantité de sucre de lait contenue dans le lait de femme, de chèvre et de brebis, paraissent un peu trop élevés (7). Nous avons indiqué plus haut les chiffres qu'ils ont donnés pour le colostrum. Bien que le sucre de lait de femme et celui de lait de vache aient la même forme de cristallisation, Simon crut qu'ils différaient par leurs propriétés (8); mais Herberger a montré (9) qu'ils ont même solubilité, même saveur, et donnent la même quantité d'acide saccharique. M. Quevenne est arrivé aux mêmes résultats que M. Péligot relativement aux

(1) Deyeux et Parmentier, *Examen comparatif du lait de deux vaches nourries avec deux sortes de fourrages* (*Ann. de chimie*, 1794, t. XVII, p. 320).

(2) Fourcroy, *Syst. de chim.* Paris, an IX, t. IX, p. 397 et 407.

(3) John, *Laboratorium chemicum*, 1808, in-8°, t. I, p. 451.

(4) Berzelius, *General views of the composit. of animal fluids.* London, 1812, in-8°, p. 75.

(5) Hermstaedt, *Arch. der agric. Chemie*, 1812, t. I, p. 36.

(6) Baudrimont, *Quel est l'état actuel de la chim. organ., et quels secours a-t-elle reçus des rech. microsc.?* Paris, 1838, in-4°, p. 31.

(7) Henry et Chevallier, *Mém. sur le lait* (*Journ. de pharm.*, 1839, t. XXV, p. 333-401).

(8) Simon dans Berzelius, *Rapp. ann. sur les progrès de la chim.* Stockholm, 1839, trad. fr., in-8°, p. 683.

(9) Herberger, *Arch. der Pharm.*, 1840, t. XXI, p. 36 et 88.

variations de quantité de sucre de lait, selon qu'il y a eu peu ou beaucoup de temps écoulé depuis la dernière traite (1).

M. Dumas a donné le nom de *lactose* au sucre de lait. Il pense qu'il peut provenir des matières sucrées et amylacées ou gommeuses qui entrent en si forte proportion dans la nourriture des herbivores. Il pense que, sous l'influence d'un régime animal, le lactose disparaît ou du moins ne se produit qu'en quantité inappréciable (2). C'est du moins ce que pense avoir prouvé M. Dumas par une série d'analyses du lait de chiennes nourries avec de la viande (3). Mais Bensch a trouvé que, bien que la quantité du sucre de lait diminue un peu, il ne disparaît pas et peut toujours être obtenu à l'état cristallin.

Bensch (4) a trouvé acide le lait d'une chienne nourrie pendant huit jours avec de la viande de cheval. Elle contenait de la lactine cristallisable; après vingt-sept jours de cette nourriture exclusive on en obtenait encore des cristaux. Les cendres contenaient surtout des phosphates de chaux et de magnésie ; c'est à la présence de ce dernier que Bench attribue la réaction acide du lait. Les phosphates, d'après lui, transforment peu à peu la lactine en glucose, d'où vient qu'on trouve quelquefois fort peu de la première.

Selmi a vu que la lactine ajoutée au lait de chienne très alcalin et ne se coagulant qu'au bout de quatre jours, il suffit alors de deux jours pour qu'il se coagule (5).

M. Bouchardat a constaté par expérience que le sucre de lait se transforme en glucose dans l'économie des diabétiques et augmente la quantité du sucre de leur urine. Il aurait même constaté que, pour *un litre* de lait dans les vingt-quatre heures, l'augmentation du sucre rendu ordinairement dans le même temps serait de 50 grammes, quantité correspondant ainsi assez exactement à la quantité de lactine ingérée (6).

(1) Quevenne, *Mémoire sur le lait* (*Ann. d'hygiène et de méd. légale*, Paris, 1841, t. XXVI, p. 5 et 257).

(2) Dumas, *Traité de chim.* Paris, 1846, in-8°, t. VIII, p. 625-642.

(3) Dumas, *Constit. du lait des carnivores* (*Ann. des sc. nat.*, 1845, in-8°, *Zoologie*, t. IV, p. 184).

(4) Bensch, *Sur la prés. de la lactine dans le lait des carnivores* (*Ann. der Chim. und Pharm.*, 1844, t. LI, p. 221).

(5) Selmi, *Sur la présence de la lactine dans le lait des carnivores* (*Ann. di fisica e di chimica*, 1846, p. 219).

(6) Bouchardat, *Du diabète sucré* (*Mém. de l'Acad. nation. de méd.*, Paris, 1851, in-4°, t. XVI, p. 82 et 83).

FIN DU TOME DEUXIÈME.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DEUXIÈME.

LIVRE DEUXIÈME. — DES PRINCIPES IMMÉDIATS EN PARTICULIER.

FIN DE LA TABLE DU TOME DEUXIÈME.

